

الدليل العملي لاختبارات التربة

الدكتور

احمد عثمان رفه




mohamed khatab


mohamed khatab


mohamed khatab


mohamed khatab


mohamed khatab


mohamed khatab


mohamed khatab


mohamed khatab


mohamed khatab

بسم الله الرحمن الرحيم

الطبعة الأولى

2020م

المملكة الأردنية الهاشمية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

/ / 2019

رقم التصنيف: 631.4

عنوان الكتاب: الدليل العملي لاختبارات التربة/ أحمد عثمان رفه

/عمان: دار الجنان، 2019 ( ) ص

الواصفات: // تحليل التربة/ ابحاث التربة/ علوم التربة

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن راي دائرة المكتبة الوطنية او أي جهة حكومية اخرى.

(ردمك) - - ISBN 978 - 9957 - 649

دار الجنان للنشر والتوزيع

المملكة الأردنية الهاشمية - عمان – العبدلي – شارع الملك حسين

مقابل البريد الاردني الممتاز- مجمع جوهرة القدس التجاري – ط (L)

هاتف: **00962 6 4659891** هاتف: 00962795747460

E-mail: dar_ jenan@yahoo.com

E-mail: daraljenanbook@gmail.com

www.daraljenan.com

Soil Testing laboratory manual

الدليـــل العملي
لاختبارات التربة

الدكتور
احمد عثمـــان رفـــــه الجماعي



الفصل الاول
تجربة اختبار المحتوى المائي (الرطوبة) للتربة
Water Content Test

مقدمة: Introduction

تحتوي التربة الطبيعية على نسبة من الرطوبة المتكونة من كمية الماء الموجود في الفراغات والمسامات بين حبيبات التربة، ويمكن تحديد وحساب هذه النسبة من الرطوبة بالتخلص منها عن طريق التجفيف بالفرن، ويعتبر المحتوى المائي من أهم الدلائل (Indices) المستخدمة لتحديد العلاقة بين السلوك والخواص الهندسية لعدة أنوع من التربة، فمثلاً يعتمد قوام التربة الحبيبية الناعمة (fine-grained soil) إلى حد كبير على المحتوى المائي (الرطوبة) الموجود بها، كما يستخدم محتوى الرطوبة لتحديد العلاقة بين الهواء والماء والمواد الصلبة المكونة لحجم عينة من التربة. ومن اشهر الطرق المستخدمة لتحديد محتوى الرطوبة (Water content) في التربة طريقة التجفيف حيث يتم تجفيف عدة عينات من التربة باستخدام طريقة التجفيف بالفرن (Oven-drying method) عند درجة حرارة من 105^0 م الى 110^0 م، ومن ثم حساب محتوى الرطوبة للتربة الذي يمثل بالفرق بين الكتلة الرطبة والكتلة الجافة من التربة كنسبة مئوية (%) من كتلة التربة الجافة.

تعريف: Definition

يعرف محتوى الرطوبة أو المحتوى المائي (w) للتربة بأنه النسبة المئوية (%) بين وزن الماء بفراغات ومسامات (Pore &voids) التربة أو ما يعرف بالماء الحر (Free water) إلى وزن كتلة التربة الصلبة الجافة وتحسب من العلاقة التالية:

$$w = \frac{\text{Ww}}{\text{Ws}} \times 100 \qquad (\%) \qquad [1]$$

حيث:

(w)= *نسبة محتوى الرطوبة*

(W_w) = *وزن الماء بالتربة*

(Ws) = *وزن التربة الجافة*

وللحصول على نتائج افضل يجب أن تكون أقل وزن من عينة التربة حسب الجدول رقم (1):

جدول رقم (1) الحد الأدنى المقترح لإجراء اختبار محتوى الرطوبة

وزن العينة (جرام. gm)	رقم المنخل حسب .USSieve No	اكبر قطر للحبيبات (مم. Mm)
20	40	0.425
50	10	2.0
100	4	4.75
500	.3/8 in	9.5
2500	.3/4 in	19.0

الأجهزة والأدوات: Instruments and Tools

. فرن تجفيف بدرجة حرارة $(110^0 C \pm 5^0 C)$

. ميزان حساس بدرجة دقة 0.01 جم. في حالة وزن العينة في حدود 200 جرام ، أما إذا زاد وزن العينة عن 200 جرام فيمكن استخدام ميزان حساس بدقته 0.1 جرام.

. مجموعة علب (cans) من الصفيح أو الألمنيوم بغطاء.

. صحن لخلط العينات، وملقط وواق من الحرارة لاستخرج العينات من الفرن.



شكل رقم (1) الاجهزة والادوات المستخدمة

طريقة الاختبار: Testing Procedure

. تنظيف علبة الاختبار من أي مواد عالقة والتأكد من خلوها من الرطوبة وترقيمها، ثم وزنها مع الغطاء وليكون وزنها .(W1)

. توضع عينة التربة الرطبة في العلبة، ثم يحدد وزن التربة والعلبة مع الغطاء، وليكن وزنها .(W2)

. بعد تحديد وزن عينة التربة الرطبة والعلبة، يتم وضعها في فرن التجفيف بدون الغطاء ويثبت الغطاء العلبة من اسفل وتجفف العينة عند درجة حرارة تتراوح بين 110^0 C إلى 105^0 C ولمدة 24 ساعة.

. بعد مضي 24 ساعة، يتم التأكد من جفاف العينة، وباستخدام الملقط استخرج العلبة من الفرن وتترك حتى تبرد، وعلى نفس الميزان المستخدم سابقا قم بوزن العلبة مع الغطاء والتربة المجففة، وليكن وزنها (W3).

. كرر الخطوات السابقة من 1 إلى 4 حسب عدد العلب المتوفرة بحيث لا يقل عددها عن 3 علب.

الحسابات: Calculations

وبعد استكمال الخطوات السابقة فقرة (4) وتدوين النتائج بدقة في الجدول المعد لذلك والتأكد من دقتها يتم حساب النسبة المئوية للمحتوى المائي (الرطوبة) لعينة التربة والناتجة كنسبة لوزن الماء إلى وزن التربة الجافة باستخدام العلاقات التالية:

1. وزن الماء بالتربة (W4) = $(W2 - W3)$
2. وزن التربة جافة = $(W3 - W1)$
3. وبذلك تكون نسبة الرطوبة $w\ (\%)$:

$$w\ (\%) = \frac{(W2 - W3)}{(W3 - W1)} \times 100 \qquad (\%) \qquad [2]$$

$$w\ (\%) = \frac{Ww}{Ws} \times 100 \qquad (\%) \qquad [3]$$

حيث:

- W_w = وزن المحتوى المائي أو الرطوبة.
- W_s = وزن التربة الصلبة الجافة.
- W1 = وزن العـلبة فـارغ
- W2 = وزن العلبة والتربة الرطبة
- W3 = وزن العلبة والتربة الجافة

بعد استكمال حساب نسبة المحتوى المائي (الرطوبة) وتقرب النتائج لأقرب رقمين عشريين (0.1 % أو 0.1) حسب وزن من عينة التربة اليتي م الاشارة اليها بالجدول رقم (1)، وستكمل بقية البيانات وتدون بالجدول. w (%)

تحديد المحتوى المائي Determination of Water Content

جدول رقم (2) عينة افتراضية لاختبار التربة

رقم العملية: ------------ التاريخ: --------------

المشروع: -------------- موقع المشروع:------------

رقم الجسة:------------- عمق العينة: ------------------

رقم العينة: ----------- وصف التربة: ------------اسم الفاحص: ----------

العنصر	رقم العينة		
	1	2	3
وزن العـلبة فـارغة (W1) جم.	**20.10**	**20.02**	**20.08**

44.60	44.50	43.50	وزن العلبة والتربة الرطبة (W2) جم.
41.20	41.20	42.10	وزن العلبة والتربة الجافة (W3) جم.
3.40	3.30	3.40	وزن الماء (W4) حم. = (W2-W3)
21.12	21.18	22.00	وزن التربة الجــافـــة (جم) = (W3-W1)
16.09	15.58	15.45	المحتوى المائي % (w) = $\frac{W2-W3}{W3-W1}\times 100$

متوسط المحتوى المائي = <u>15.71 %</u>

<u>ملاحظة</u>: القيم والأرقام المدرجة بالجدول هي لغرض لتوضيح الحسابات فقط.

التقرير: Report

عند إعداد التقرير وجدول البيانات يجب أن يحتوي على المعلومات والبيانات التالية:

سم المشروع وموقعه

تحديد مكان الاختبار واسم الفني الذي اجرى الاختبار(الفاحص).

موقع الجسة، ورقمها، ووصف عينة التربة.

ذكر المحتوى المائي مقربا لأقرب رقميين عشريين.

تدوين آدا كانت العينة تحتوى على أكثر من نوع من التربة كنتيجة لوجود طبقات مثلاً.

مرجع التجربة، وتوضيح إي إجراءات تمت عند الاختبار كاستبعاد كمية أو تدرج معين من العينة.

تدوين إي ملاحظات أو مشاهدات خلال إجراء التجربة.

الفصل الثاني

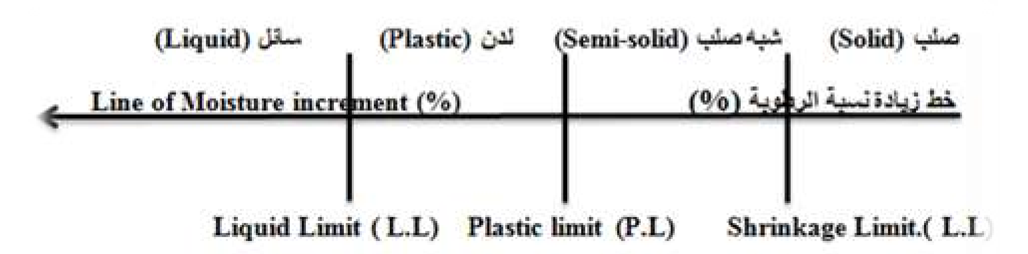
اختبار حد السيولة للتربة

Liquid Limit Test

مقدمة: Introduction

تختلف الخواص الطبيعية (Physical properties) للتربة الحبيبية الناعمة باختلاف محتوى المواد الطينية والمحتوى المائي، حيث تتغير حالة وسلوك المادة الطينية من الحالة السائلة الى الحالة اللدنة ومنها الى الحالة الصلبة بتغير محتوى الرطوبة فيها، فالتربة المتماسكة (Cohesive soil) عندما تخلط مع كمية وافرة من الماء تتحول الى حد ما حالة السيولة وتسري كأنها سائل لزج (Viscous liquid) وبنقص نسبة الماء تتحول من حالة السيولة الى الحالة اللدنة (Plastic state) ومع زيادة نقص نسبة الماء تتحول التربة من الحالة اللدنة الى الحالة شبه الصلبة (Semi-solid)، ثم الى الحالة الصلبة (Solid)، شكل رقم (1)، ولذا فإن المحتوى المائي (%)الذي تتغير عنده حالة التربة المتماسكة من حالة السيولة الى حالة اللدونة يعرف بحد السيولة للتربة (Liquid limit)، وبالمثل فإن نسبة الماء (%) التي تتحول عندها التربة من حالة اللدونة الى الحالة شبه الصلبة والصلبة (Semi-solid & Solid state)، تعرف على التوالي بحد اللدونة (Plastic limit) وحد التشقق (Shrinkage limit)، وتعرف هذه الحدود بحدود

قوام التربة أو ما يعرف بحدود أتربرج (Atterberg limits)، والغرض من هذه التجربة هو تحديد حد السيولة (Liquid limit) للتربة الحبيبية الناعمة (fine- grained soil) باستخدام جهاز كازاجراند (Cassagrande Instrument) لعدد من المحاولات لا تقل عن أربعة، ثم رسم منحى الانسياب (Flow curve) ومن ثم تحديد محتوى الرطوبة الذي يمثل القيمة المناظرة لعدد 25 ضربة.



شكل رقم (1) حدود اتربرج (Atterberg Limits)

تعريف: Definition

يعرف حد السيولة (Liquid limit) بأنه المحتوي المائي (%)للتربة الناعمة التي عندها يلتحم نصفي العينة ولمسافة حوالي نصف بوصه (13 مم) عبر شق في العينة تم تحديده مسبقا وتحت تأثير عدد 25 ضربة لصحن جهاز كازاجراند الذي يسقط سقوطا حرا من ارتفاع حوالي 10 مم وبمعدل دورتين لكل ثانية. وبشكل عام هو محتوى الرطوبة الذي تتغير فيه حالة التربة الناعمة من الحالة اللدنة (Plastic state) إلى الحالة السائلة (Liquid state).

الأجهزة والأدوات: Apparatus

جهاز كازاجراند (Cassagrande Instrument)، لقياس حد السيولة (L.L)

أداة قطع المقترحة (Grooving tool) من قبل الجمعية الأمريكية

ميزان لا تقل دقته عن 0.01 جم (Balance of sensitive up to 0.01 gm).



منخل رقم # 40 (No. 40 sieve / 0.425 mm)

قنينة ماء مقطر (Plastic squeezing bottle)

ملقاط أو أداة واقية من الحرارة. (Tongs and towels)

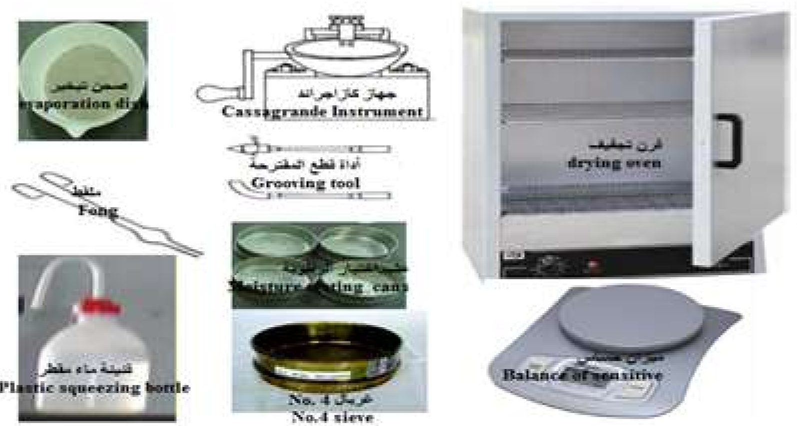
فرن تجفيف بدرجة حرارة $110^0C \pm 5^0 C$ (Draying oven)

صحن خلط وتجفيف (Porcelain evaporating dish)

- ومجموعة علب من الصفيح أو الألمنيوم، (Moisture cans)

شكل رقم (2) جهاز كازاجراند

- ولوح زجاجي، وسكين (Glass plate and spatula)



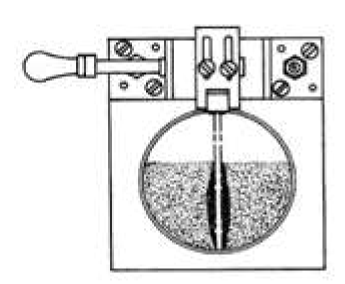
شكل رقم (3) الاجهزة والادوات المستعملة في الاختبارات

طريقة الاختبار: Testing Procedure

1. يتم تحديد وزن أربعة علب (Moisture cans) مع الغطاء وليكن (W1)

تـأكد جيدا من معايرة ارتفاع مستوى الهبوط لكأس الاختبار($\pm 2mm(10mm$ تقريبا ويتم إجراء ذلك باستخدام الطرف الآخر من أداة القطع [شريحة المعايرة] الملحقة لجهاز كازاجراند الشكل رقم (2).

3. خذ حوالي 100 جرام من التربة الجافة المارة من منخل رقم # 40 (0.425 mm) وتوضع في صحن الخلط ثم يضاف إليها كمية مناسبة من الماء المقطر وخلطها لتكوين عجينة متجانسة (Uniform paste) ذات قوام منتظم.

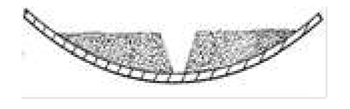


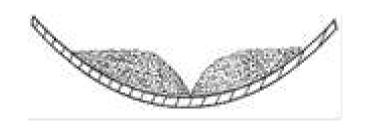
شكل رقم (4) يوضح تقسيم العجينة

4.ضع جزء من العينة المخلوطة في الوعاء (كأس الهبوط) بجهاز الاختبار ثم قم بتسوية وتنعيم سطح العينة باستخدام أداة المزج والتسوية بحيث يكون اكبر سمك للعينة الموضوعة عند وسط الكأس في حدود 10مم تقريباً.

ينقل الفائض من عجينة العينة التي لم يتم استخدامها الى صحن الخلط (mixing dish) ويتم

تغطيتها للمحافظة على محتوى الرطوبة بها.





شكل رقم (5) العينة قبل وبعد الاختبار

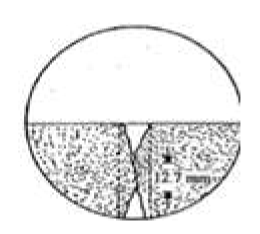
تقسم عجينة العينة التي تم فرشها بكأس الاختبار عبر قطر الكأس إلى جزأين متساويين حتى قاع الوعاء بحيث يكون الفاصل بين جزئي العينة واضح تماماً وذلك باستخدام أداة القطع (Grooving tool)، التي توضع بشكل عمودي على مركز كأس الاختبار كما الشكل رقم (5) .

7قم بتشغيل الجهاز عن طريق ذراع التدوير (Crank arm) بمعدل دورتين كل ثانية في حالة الجهاز يشغل يدويا وهنا يبدأ جزئي العينة في الحركة والانسياب (flow)باتجاه مركز كأس الاختبار ويستمر تدوير الذراع

حتى يتم التحام جزئي العينة بشكل واضح بحيث تكون مسافة التحام وتلامس العينة بسافة حوالي 2/1 بوصة (13 مم) تقياً، وتدون عدد الضربات (Blows or shocks) (N) اللازمة لالتحام وتلامس العينة.

خذ جزء من عجينة الكأس قرب المجرى (groove) وضعها في علبة الاختبار وحدد وزنها مع الغطاء وليكن (W2)، ثم ضعها في الفرن لمدة 24 ساعة وذلك لتحديد محتوى الرطوبة، والذي يمثل النسبة بين وزن الماء بالعينة ووزن المادة الصلبة بالعينة. وليكن وزنه (W3).

ضع الباقي من العينة في وعاء الخلط وأعد خلطها بكمية مختلفة وهنا يجب غسل وتجفيف كأس الاختبار وأداة القطع أو التسوية جيداً وتجهيزها للمحاولة اللاحقة، ثم كرر خطوات التجربة من 4 إلى 7 بحيث لا يقل عدد النتائج المتحصل عليها عن 4 نتائج على الأقل.



شكل رقم (6) التحام العينة

تكرر خطوات التجربة على عدد اربع عينات على الأقل وتدون عدد الضربات التي أدت الى قفل المجرى (groove closing) ونسبة محتوى الرطوبة (%) المناظر لها في كل مرة. يتم تحديد محتوى الرطوبة للعينات وبعدد ضربات تتراوح بين 10 إلى 40 ضربة, فمثلا: يكون عدد الضربات في النقطة الأولي ما بين 10- 15 ، والثانية 20 - 25 ، والثالثة 25 - 35 ضربة وهكذا.

بعد تدوين البيانات في الجدول المعد لذلك، يتم رسم منحنى الانسياب (Flow curve) والذي يمثل العلاقة بين المحتوى المائي (w%) ولوغاريتم عدد الضربات (N)، لعدد أربع عينات على الأقل.

باستخدام منحنى الانسياب، يتم تحديد حد السيولة (L.L) للتربة ويمثل قيمة المحتوى المائي المناظر لعدد 25 ضربة، كما بالشكل رقم (7).

الحسابات: Calculations

بعد استكمال خطوات التجربة السابقة وتدوين البيانات في الجدول المعد لهذا الغرض بدقة،

يتم حساب المحتوى المائي لكل محاولة وذلك بحساب النسبة المئوية بين الماء الموجود بالعينة

ووزن التربة الجافة للعينة باستخدام العلاقة التالية:

$$Ww = \frac{W2-W3}{W3-W1} \times 100$$

[**1** (%)]

ولتحديد دليل الانسياب (flow index) *نستخدم العلاقة التالية:*

$$I_F = \frac{W1(\%)-W2(\%)}{LogN2-LogN1}$$

[2]

حـــيث:

$W1$= وزن العلبـــة فارغـــة والغطـــــاء (جم)

$W2$ =وزن العلبة والغطاء + التربة الرطبة (جم)

$W3$ = وزن العلبة والغطاء + التربة الجافة (جم)

$N1, N2$ عدد الضربات التي أدت الى التحام وتلامس العينة عند نقطتين على منحنى الانسياب.

$W1$،$W2$= المحتوي المائي (%) النقطتين على منحى الانسياب.

FI = دليل الانسياب أو ميل المنحى.

Determination of Liquid Limit اختبار حـــد الســـيولة

جدول رقم (1) عينة افتراضية لاختبار التربة

رقم العملية: ------------ التاريخ: -------------------

المشروع: ---------- موقع المشروع:---------------

رقم الجسة:--------------- عمق العينة: ---------------

رقم العينة: ------------- وصف التربة: --------------

اسم الفاحص: ----------------------------------

العنصر	رقم العينة			
رقم علبة الرطوبة والغطاء	1	2	3	4
وزن العلبـــة فارغـــة والغطـــــاء (جم) (W_1)	15.5	15.3	15.00	15.4
وزن العلبة والغطاء + التربة الرطبة (جم) (W_2)	72.8	72.1	68.4	62.1
وزن العلبة والغطاء + التربة الجافة (جم) (W_3)	53.6	51.2	52.2	49.1
وزن التربة جافة (جم) $(W_s) = (W1 - W3)$	38.1	35.9	37.2	33.7
وزن الماء المضاف (جم) $(W_w) = (W2) - W3$	19.2	19.9	16.2	13.0
المحتوى المائي (%) $(W_c) = \frac{W2-W3}{W3-W1} \times 100$	50.04	55.43	43.55	38.58

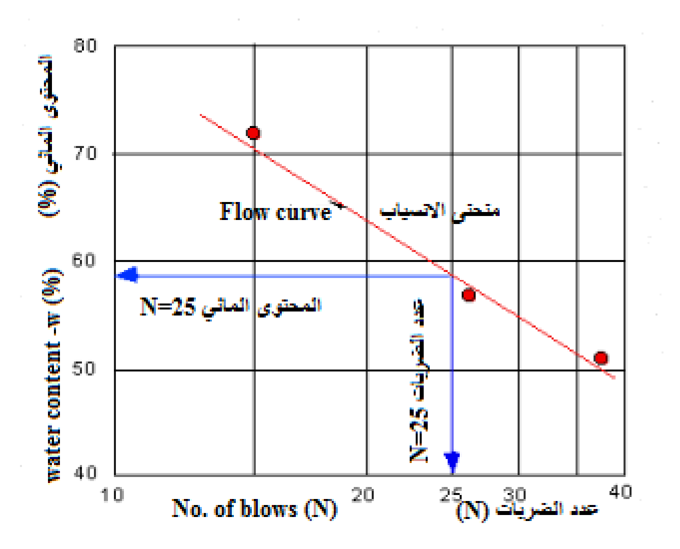
عــدد الضـــــربات (-) (N)	10	14	24	

متوسط المحتوى المائي = <u>46.98 %</u>

ارسم منحنى الانسياب للقيم المتحصل عليها في كل مرة على المقياس اللوغاريتمي (Semi-log) بحيث يتم تمثيل المحتوى المائي على المقياس العددي رأسيا، ويتم تمثيل عدد الضربات على المقياس اللوغاريتمي أفقيا.

منحنى الانسياب يمثل خط مستقيم يمر خلال أو بالقرب من النقاط المتحصل عليها كلما أمكن ذلك.

يتم تحديد المحتوى المائي للعينة وذلك بأخذ القيمة المناظرة لعدد 25 ضربة على المحور الأفقي والتي يتم قرأتها من المحور الرأسي عند التقاطع مع منحنى الانسياب شكل رقم (7).



شكل رقم (7)، رسم توضيحي لمنحنى الانسياب (Flow curve)

التقرير: Report

عند إعداد التقرير وجدول البيانات يجب أن يحتوي على المعلومات والبيانات التالية:

اسم المشروع وموقعه

تحديد مكان الاختبار واسم الفني الذي اجرى الاختبار(الفاحص).

موقع الجسة، ورقمها، ووصف عينة التربة.

ذكر المحتوى المائي مقرباً لأقرب رقميين عشريين.

تدوين آدا كانت العينة تحتوى على أكثر من نوع من التربة كنتيجة لوجود طبقات مثلاً.

مرجع التجربة، وتوضيح إي إجراءات تمت عند الاختبار كاستبعاد كمية أو تدرج معين من العينة.

رسم منحى الانسياب للقيم المتحصل عليها

تدوين إي ملاحظات أو مشاهدات خلال إجراء التجربة.

الفصل الثالث

اختبار حد اللدونة

Plastic Limit Test

مقدمة: Introduction

تعتبر هذه التجربة اختيارية حيث تعتمد دقة نتائجها على كفأت وخبرة الشخص الفني الذي يقوم بإجراء الاخبار ومع ذلك يمكن الحصول على نتائج مقبولة الى حد ما. ومن ناحية معملية تعتبر عينة الترب عديمة اللدونة إذا كانت قيمة حد اللدونة أكبر من أو مساوية لقيمة حد السيولة أو في حالة استحالة تحديد قيمة حد اللدونة واللدونة. وخاصية اللدونة (البلاستيكية) هي قابلية التربة للتغير في الشكل دون حدوث تشقق. ونظراً لاختلاف نسبة الطين في عينات التربة الذي بدوره يؤدي الى اختلاف قوام التربة ودليل البلاستيكية (Soil Consistency and Plasticity index) فيها، فكلما زادت نسبة المواد الناعمة والطينية زادت قيمة دليل اللدونة (Plasticity index) لذا فإن دراسة ومعرفة خاصية اللدونة وحدودها في التربة في غاية الأهمية، ومن أهم استخدامات حد اللدونة تحديد دليل اللدونة (Plasticity index: P.I)، وكذلك عند تمثيلها بيانياً على مع حد السيولة يمكن عن طريق ذلك تحديد تصنيف التربة. ويعرف دليل اللدونة بأنه الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة.

تعريف: Definition

يعرف حد اللدونة (Plastic limit) بأنه محتوى الرطوبة (%) الذي عنده تتغير حالة التربة المتماسكة (Cohesive soil) من الحالة اللدنة الى الحالة شبه الصلبة. اما في المعمل يعرف حد اللدونة بأنه قيمة محتوى الرطوبة (%) الذي عنده يبدأ خيط أو الحبل المكون من عجية عينة التربة في التشقق أو الكسر عندما يتم دحرجها وفركها باليد لتكوين العجينة على هيئة حبل أو خيط سمكه ليصبح قطره حوالي ("1/8") ≈ 3مم.



شكل رقم (1)، الأدوات المستخدمة في الاختبار

الأدوات المستخدم: Tools used

- منخل رقم # 40 (0.425 مم)
- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.01 جم

- فرن تجفيف بدرجة حرارة $110^0 C \pm 5^0 C$
- صحن تجفيف من البورسلين
- أداة خلط وأداة واقية من الحرارة
- عدد من علب الخاصة بالرطوبة
- قنينة ماء مقطر
- لوح زجاج

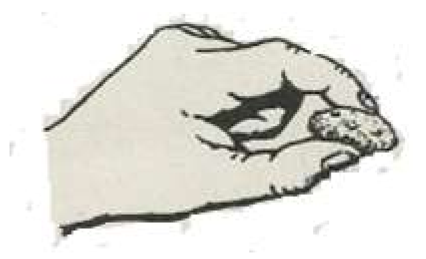
خطوات التجربة: Testing Procedure

زن عدد من علب الرطوبة مع الغطاء وليكن وزنها (W1) ودون ذلك في الجدول.

يوضع حوالي 20 إلى 30 جرام من التربة الناعمة المارة من منخل رقم # 40 (0.425 مم) في صحن الخلط

أضف إليها كمية مناسبة من الماء المقطر ثم أخلط العينة جيداً حتى يتم تشكيل عجينة لدنة، متجانسة وذات قوام منتظم.

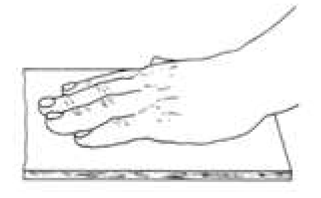
خذ من عجينة العينة التي تم تحضيرها بالفقرة (3) وجهز عدد كافي من اللعينات على هيئة قطع ناقص أو بيضاوي (Ellipsoidal- shape)



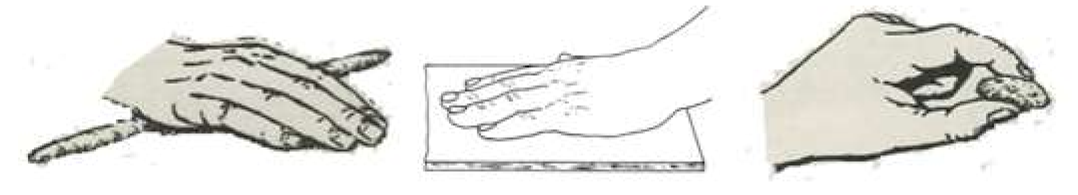
خذ قطعة من العينة وشكلها على شكل كروي أو بيضاوي ثم ضعها على السطح الزجاجي حيث يتم بعد ذلك برمها وتدويرها براحة اليد تحت ضغط كافي فقط لتشكل العجينة على هيئة لفة (thread) بقطر منتظم عبر طولها بمعدل تدوير 80-90 برمة أو دورة في الدقيقة الى أن يصل قطرها حوالي ("1/8) ≈ 3مم.



بعد أن يصل قطر العينة الى أقل من ("1/8) ≈ 3مم. وأعد تقطيع العجينة الى مجموعة من القطع وقم فعصها وتشكيلها كما سبق وقم برمها وتدويرها على السطح الزجاجي بنفس الطريقة السابقة، واستمر في هذه الخطوات عدة مرات حتى تتقطع (Crumble)العجينة ولا يمكنها بعدها تشكيل العجينة الى خيط أو حبل (thread) تحت الضغط براحة باليد على السطح الزجاجي.



وهنا يجب أن نشير الى أنه عند تدوير وبرم العجينة يمكن لها أن تفتت وتنهار (crumble and rupture) حتى عند قطر اكبر من 3مم وفي هذه الحالة تكون الخطوات التي تمت كافية مع الاخذ بشرط أن العجية قد سبق تدويرها الى قطر 3 مم.



شكل رقم (2) مراحل اجراء الاختبار

تجمع عينات العجينة التي سبق حفظها في علب الاختبار وتوضع في فرن التجفيف لتحديد المحتوى المائي فيها، وتدون قيم المحتوى المائي التي تم الحصول عليها بعد استكمال الخطوات السابقة كقيم لحد اللدونة (Plastic limit) لعينة التربة وتقرب هذه القيم الى اقرب رقم صحيح.

الحسابات: Calculations

بعد تحديد النتائج السابق وتدوينها بالجدول يتم تحديد قيمة حد اللدونة (Plastic limit) ودليل اللدونة (Plasticity index) من العلاقات التالية:

(حد اللدونة (Plastic limit)

$$\text{Plastic limit} = \frac{\text{كتلة الماء}}{\text{كتلة التربة جافة}} = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100 \qquad [1]$$

2 دليل اللدونة (Plasticity index):

$$\text{Plasticity index} = \text{Liquid Limit} - \text{Plastic Limit}$$

P.I = L.L – P.L [2]

ملاحظات:

في حالة عدم امكانية تحديد حد السيولة أو حد اللدونة أو كليهما يذكر في التقرير أن التربة عديمة اللدونة (غير بلاستيكية non- plastic- NP)

عندما يكون حد اللدونة مساوياً أو أكبر من حد السيولة كذلك يذكر في التقرير ان التربة عديمة اللدونة (غير بلاستيكية non- plastic- NP)

اختبار حـــد اللدونـة

Determination of Plastic Limit

رقم العملية: ----------------   التاريخ: --------------

المشروع: -----------------   موقع المشروع:---------------

رقم الجسة:----------- عمق العينة: -----------------------

رقم العينة: ---------------   وصف التربة: ----------------

اسم الفاحص: ----------------------------------

جدول رقم (1) عينة افتراضية لاختبار التربة

العنصر	العينات		
رقم علبة الرطوبة والغطاء	1	2	3
وزن العلبـــة فارغـــة والغطـــاء (جم) (W_1)	15.2	14.5	14.8
وزن العلبة والغطاء+ التربة الرطبة (جم) (W_2)	30.5	31.4	30.6
وزن العلبة والغطاء + التربة الجافة (جم) (W_3)	28.3	28.8	28.6
وزن التربـــة جـــافة (جم) (W_s)	13.1	14.3	13.8
وزن المــاء المضاف (جم)	2.2	2.6	2.0

(W_w)			
المحتوى المائي (%) (W_c)	**16.79**	**18.18**	**14.49**
حد اللدونة (%) (P.L)	16.49		

حد اللدونة (Plastic limit) = <u>16.49</u> %

التقرير: Report

عند إعداد التقرير وجدول البيانات يجب أن يحتوي على المعلومات والبيانات التالية:

اسم المشروع وموقعه

تحديد مكان الاختبار واسم الفني الذي اجرى الاختبار(الفاحص).

موقع الجسة، ورقمها، ووصف عينة التربة.

ذكر حد اللدونة (Plastic limit) مقربا لأقرب رقميين عشريين.

تدوين إذا كانت العينة تحتوى على أكثر من نوع من التربة كنتيجة لوجود طبقات مثلاً.

مرجع التجربة، وتوضيح إي إجراءات تمت عند الاختبار كاستبعاد كمية أو تدرج معين من العينة.

تدوين إي ملاحظات أو مشاهدات خلال إجراء التجربة.

الفصل الرابع

تجربة حد الانكماش

Shrinkage Limit Test

مقدمة: Introduction

تمر التربة الطينية في عند تجفيفها ومراحل فقدانها التدريجي للرطوبة بنقص في حجم كتلتها الى أن تصل الى مرحلة تكون عندها مهما فقدت من الرطوبة لا يحدث أي تغير في حجمها، وتعرف نسبة المحتوى المائي التي يثبت ويقف عندها النقص في حجم التربة بحد الانكماش (Shrinkage limit) ويمكن عن طريق هذه التجربة تحديد عوامل انكماش التربة؛ حد الانكماش، والتغير الحجمي، ونسبة الانكماش، والانكماش الخطي للتربة.

تعريف: Definition

حد الانكماش: يعرف حد الانكماش بأنه نسبة الرطوبة التي يثبت ويقف النقص (Cease soil volume reduction) في حجم التربة مع زيادة النقص في المحتوى المائي بها .

ادوات التجربة: Tools and Equipment

1. فرن تجفيف ذو درجة حرارة $(110 \mp 5°C)$
2. ميز ان ذو حساسية 0.01 جم
3. قنينة بها ماء مقطر

4. مسطرة أو قطعة معدنية مستقيمة (Roller or Steel straight edge)
5. سكينة (Spatula)
6. كمية من الزئبق ومخبار مدرج (Mercury)
7. لوح شفاف مزود بثلاث شوك معدنية لغمر التربة في الزئبق.
8. زجاجة المراقبة (Watch glass)
9. طبق تبخير من مادة البورسيلين
10. صحن اختبار حد الانكماش

خطوات التجربة: Testing procedures

ضع في طبق أو صحن الخلط حوالي 50 جرام من التربة التي تم تجهيزها المارة من المنخل رقم 40 (0.425 مم).

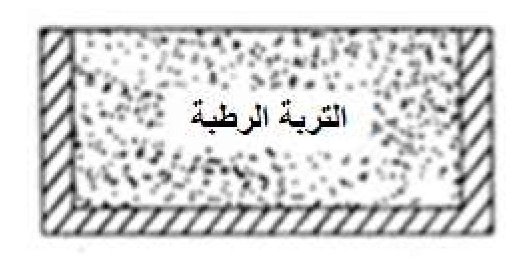
أضف الى التربة كمية الماء تكون كافية تماماً لملء الفراغات الهوائية بالتربة بحيث تكون مساوية أو اكبر قليلاً من حد السيولة للعينة هذا في حالة التربة الهشة أما في حالة التربة اللدنة فقد تكون كمية الماء المطلوبة اكبر قليلا من ذلك تزيد عن ذلك بحوالي 10% تقريباً، يتم خلطها جيداً حتى تكون منتظمة القوام وسهلة التشغيل.

أدهن طبق اختبار حد الانكماش (Shrinkage limit dish) بطبقة رقيقة مادة دهنية (Petroleum jelly) ذات قوام غليظ كالفازلين مثلاً لمنع التصاق العجينة بالطبق، ثم خذ وزن الطبق فارغاً وليكن وزنه (W1) جرام.

ضع في منتصف طبق الاختبار كمية من التربة التي تم خلطها بحيث يكون حجمها مساوياً حوالي 1/3 حجم الطبق أو وعاء الاختبار، ثم يتم دق (Tap) الطبق على سطح صلب حتى تتحرك التربة وتدفع تحت تأثير الدق الى الحواف ويتم طرد الفراغات الهوائية المحبوسة الموجودة بها.

أضف كمية اخرى من التربة مساوية للكية السابقة ويدق الطبق جيداً حتي يتم طرد وخروج الهواء المحبوس بالعجينة.

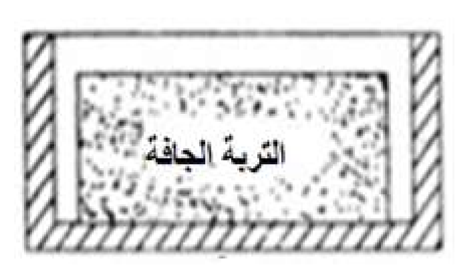
كرر الخطوة رقم (4،5) حتي يمتلئ الطبق وتفيض التربة على حوافه، ثم قم بكشط وتسوية سطح التربة باستخدام المسطرة أو القطعة المعدنية المستقيمة، ثم نظف الحواف والاسطح الخارجية وقاع طبق الاختبار بمنشفة أو ورق تنظيف.



شكل رقم (1) العينة قبل التجفيف

بعد تسوية وتنظيف الاسطح حدد وزن طبق الاختبار والتربة الرطبة وليكن وزنه مع التربة الرطبة (W2). جرام ويدون في الجدول، أترك التربة لتجف في غرفة الاختبار لمدة 6 ساعات تقريباً، حتى يتغير لون التربة من اللون الداكن الى اللون الفاتح ,

8ضع العينة في فرن التجفيف عند درجة حرارة $(110^{\circ}C - 105)$ حتى يثبت وزن العينة، بعد أن تبرد العينة يتم وزن طبق الاختبار والتربة التي تم تجفيفها بالفرن، وليكن وزنهما معاً (W3) جرام



شكل رقم (2) العينة بعد الجفيف

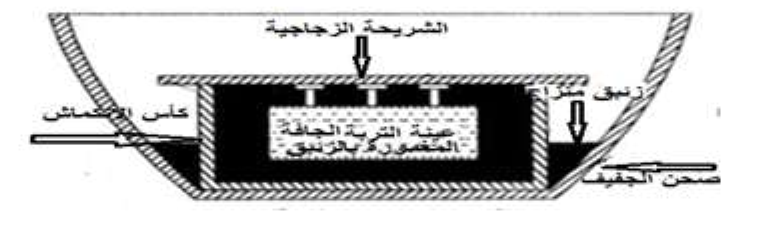
ويدون في الجدول.

ولتحديد حجم طبق اختبار الانكماش (V1)انقل التربة من طبق الاختبار وأملأ الطبق بمادة الزئبق (Mercury) بحيث يكون طبق الاختبار

موضوعاً على زجاجة مراقبة (Watch glass)، ثم استخدم الشريحة ذات الثلاث شوك (Three pronged glass plate) لتسوية سطح الزئبق بالصحن، وهنا سينساب وينزاح الزئبق الزائد الى زجاجة المراقبة (Watch glass)، حدد وزن كمية الزئبق بالطبق، وليكن وزنها (W4) جرام.

ولتحديد حجم التربة الجافة (V2)، أملأ الكأس الزجاجي بالزئبق، بحيث يكون موضوعاً داخل زجاجة المراقبة، باستخدام الشريحة ذات الثلاث شوك قم بتسوية سطح الزئبق الموجود بالكأس الزجاجي، ثم حول الزئبق الذي تم انسيابه بعد مليء الكأس وخلال التسوية للزئبق الى زجاجة المراقبة.

ضع التربة الجافة على سطح الزئبق بالكأس الزجاجي، ونظراً للفرق بين الوزن النوعي للتربة والزئبق فإن التربة ستطفو فوق سطح الزئبق، باستخدام الشريحة ذات الثلاث شوك أضغط ببطء (Slowly and firmly) على التربة بحيث تغمر عينة التربة بالكامل في مادة الزئبق، وهنا سوف تنساب كمية من الزئبق التي حلت محلها عينة التربة الجافة.



شكل رقم (3) طريقة ايجاد حجم التربة الجافة

. خذ وزن كمية الزئبق المنساب في الطبق الى درجة دقة 0.01 جرام ، وليكن وزن الزئبق المنساب (W5) جرام.

. كرر التجربة ثلاث مرات على الأقل وتدون النتائج ويتم استكمال الحسابات.

الحسابات: Calculations

1. تحديد المحتوى المائيDetermination of water content للتربة:

$$w = \frac{(W2 - W3)}{(W3 - W1)} \times 100 \quad [1]$$

حيث:

- $W1$ = وزن الطبق فارغا (جراماً).
- $W2$ = وزن الربة الرطبة والطبق (جرام).
- $W3$ = وزن الربة الجافة والطبق (جرام).

2. تحديد نسبة التغير في المحتوى المائي (%) قبل توقف (Cease) التغير في الحجم:

$$\Delta w\,(\%) = \frac{(V1 - V2)\rho w}{\text{mass of dry soil}} = \frac{W4 - W5}{13.6(W3 - W1)} \times 100 \quad [2]$$

حيث :

- ρw= كثافة الماء = 1 جم/سم^3
- $W4$ = وزن الزئبق بالكأس (جرام)
- $W5$ = وزن الزئبق المنزاح بعد غمر العينة (جرام).

3. تحديد حد الانكماش Determination of Shrinkage limit (SL):

$$SL = w1 - \frac{(W2 - W3)}{13.6(W3 - W1)} \times 100 \quad [3]$$

4. تحديد نسبة الانكماش Determination of shrinkage ratio (SR)

تعرف نسبة الانكماش (RS)للتربة بأنها النسبة بين تغير حجم معلوم والتغير المناظر له في محتوى الماء فوق حد الانكماش، وحسب من المعادلة التالية:

$$SR = \frac{(\Delta V/V2)}{(\Delta w/Ws)} = \frac{(\Delta V/V2)}{(\Delta V\rho w)/Ws} = \frac{Ws}{(\rho w)V2} \quad [4]$$

حيث:

Ws= وزن التربة الجافة بالجرام.

$Ws = (W3\text{-}W1)$

فإذا كانت وزن التربة (Ws) *بالجرام، والحجم (**V2**) سم^3 ، والكثافة* (ρw) = *1 جم/سم^3 فإن نسبة الانكماش* **SR***(تكون:*

$$SR = \frac{Ws}{V2} \quad (\%)[5]$$

تحديد حــد الانكماش

Determination of Shrinkage Limit

رقم العملية: ---------------------- التاريخ: ---------

المشروع: ----------------- موقع المشروع:-----------------

رقم الجسة:----------- عمق العينة: ---------------

رقم العينة: -------------- وصف التربة: ----------------

اسم الفاحص: ----------------------------------

جدول رقم (1) عينة افتراضية لاختبار التربة

العنصر	***رقم التجربة***		
	3	**2**	**1**
كتلة كأس الانكماش بعد الدهن (W1)جرام	**12.6**	**12.10**	**012.3**
كتلة الصحن والتربة الرطبة (W2) جرام	**40.6**	**40.3**	**40.32**
كتلة الصحن والتربة الجافة (W3)	**33.20**	**32.9**	**33.10**

جرام			
المحتوى المائي = 100	35.92	35.58	34.71
كتلة الزئبق لملء الكأس جرام	(W4) [illegible]0.19	197.8	198.80
كتلة الزئبق المنزاح جرام	(W5) 151.25	148.8	150.30
التغير في المحـتوى المــــــائي % =	17.06	*17.32*	17.15
	18.96	18.26	17.56

متوسط حد الانكماش =<u>18.26 %</u>

التقرير: Report

عند إعداد التقرير وجدول البيانات يجب أن يحتوي على المعلومات والبيانات التالية:

سم المشروع وموقعه

تحديد مكان الاختبار واسم الفني الذي اجرى الاختبار(الفاحص).

موقع الجسة، ورقمها، ووصف عينة التربة.

ذكر متوسط حد الانكماش مقربا لأقرب رقميين عشريين.

تدوين آدا كانت العينة تحتوى على أكثر من نوع من التربة كنتيجة لوجود طبقات مثلاً.

مرجع التجربة، وتوضيح إي إجراءات تمت عند الاختبار كاستبعاد كمية أو تدرج معين من العينة.

تدوين إي ملاحظات أو مشاهدات خلال إجراء التجربة.

الفصل الخامس

اختبار التدرج الحبيبي (التحليل المنخلي)

Sieve Analysis Test

المقدمة: Introduction

التحليل المنخلي للتربة أو كما يذكر عادة تجربة التدرج الحبيبي (Soil gradation test) هي أحد التجارب الأساسية المهمة لمختلف العلوم المرتبطة بالأرض مثل علم التربة (Pedology)، العلوم الزراعية التطبيقية (Agronomy)، وعلم الترسيب، وعلوم الهندسة المدنية المتعلقة بتنفيذ المشروعات الهندسية مثل؛ الطرق والجسور والمطارات والسكك الحديدية والمباني السدود والمرافق العامة والانشاءات بشكل عام. حيث تستعمل نتائج هذه التجربة في تصنيف التربة وحديد جودتها ومدى توافقها وتحقيقها لمتطلبات مواصفات التصميم، والتحكم في ضبط جودة الأعمال المنفذة وحساب العلاقات بين مكونات العينة.

ولتصنيف التربة للأغراض الهندسية يتطلب الأمر معرفة التوزيع أوالتدرج الحبيبي لحجم الجزيئات المكونة لعينة التربة المطلوب تصنيفها حيث يتم ذلك عن طريق اجراء تجربة التحليل المنخلي (Sieve analysis) باستخدام سلسلة من المناخل (الغرابيل) دائرية الشكل بقطر 8

بوصة (203 مم) غالباً، تصنع من الأسلاك المنسوجة (Woven wires) ذوات فتحات قياسية مربعة الشكل بإحجام مختلفة في سلسلة من الارقام حيث يحدد رقم لكل منخل يقابل هذا الرقم سعة الفتحات لكل منخل بالميليمتر أو البوصة حسب نظام الاختبار أو وحدات القياس المستخدمة في كل بلد. وهنا لابد أن نشير الى أنه كل ما كبر رقم المنخل صغرت الفتحات ويمكن توضيح ذلك بالجدول رقم (1). وفي اغلب اختبارات التحليل المنخلي القياسية تتطلب غالباً استخدام الارقام التالية (4، 10، 20، 40، 60، 140، 200) من المناخل ضمن مجموعة المناخل المستخدمة لأهميتها في تحليل نتائج الاختبارات، وطريقة التجربة الموصوفة هنا تجري على التربة الخشنة (Granular soil) سواء كانت تحتوي أو لا تحتوي على المواد الناعمة، وفي حالة احتواء التربة على نسبة عالية نسبياً للمواد المار من المنخل رقم 200 تصل أو تزيد عن 10 % تقريباً يتطلب اجراء اختبار الهيدرومتر. ولا تزودنا هذه التجربة بأي معلومات عن شكل الحبيبات من حيث كونها حبيبات دائرية او زاوية (Circular or angular) او دليل التبطط والتفلطح (Elongation and flakiness index).

جدل رقم (1) سلسلة من المناخل

Sieve No.	Sieve size (mm)	Sieve No.	Sieve size (mm)
No. 4	4.76	No. 40	0.425
No. 8	2.36	No. 50	0.300
No. 10	2.00	No. 60	0.250
No. 12	1.70	No. 80	0.180

No. 16	1.18	No. 100	0.150
No. 20	0.85	No. 140	0.106
No. 30	0.60	No. 200	0.075

الهدف من التجربة:

الهدف من هذه التجربة هو تحديد نسب حجم الحبيبات المكونة لتدرجات التربة المطلوب اختبارها وحيث أن التربة تتكون من العديد من التدرجات بمعنى أن اي كمية محجوزة على أي منخل تحتوي على العديد من الاحجام المختلفة ولذا فإنه من الصعوبة بمكان تحديد جميع احجام التربة لذا تم توزيعها على معدلات احجام قياسية لمناخل مختلفة .

الأدوات:

مجموعة من المناخل القياسية يجب أن تحتوي على المناخل القياسية المشار اليها أرقام (4، 10، 20، 40، 60، 140، 200) التي تستخدم غالبا في التحليل المنخلي القياسي بالإضافة الى صحن (Pan) القاع والغطاء. ويمكن اضافة مناخل اخرى بينها حسب الحاجة.

فرن تجفيف بدرجة حرارة ($110^0 C \pm 5^0 C$)

ميزان بدرجة حساسية 0.1 جم.

✓فرشة ذات أسنان نحاسية ناعمة لتنظيف المناخل.



شكل رقم (1) بعض أدوات الاختبار

5. محقنة مياه
6. هزاز الغرابيل الآلي أو ميكانيكي (Mechanical sieves shaker)

الهدف من التجربة:

تتكون التربة من العديد من التدرجات بمعنى أن اي كمية محجوزة على أي منخل من المناخل القياسية تحتوي على العديد من الاحجام المختلفة الأخرى، ولذا فإنه من الصعوبة بمكان تحديد جميع احجام التربة لذا تم توزيعها على معدلات احجام قياسية لمناخل مختلفة، يكمن الهدف الأساسي التحليل المنخلي للتربة الى تحديد النسبة المئوية للتدرج الحبيبي لمختلف أحجام جزيئات التربة وفقاً للمناخل القياسية، حيث يعزى لهذه الخاصية السلوك الميكانيكي للتربة تحت تأثير الاجهادات والأحمال. وعن طريق هذه التجربة يمكن تحديد دليل المجموعة وتصميم خلطات التربة حسب المواصفات المطلوبة للأعمال الهندسية، وإمكانية التأسيس عليها واستخدامها في الطرق و

السدود و المطارات وغيرها من المنشآت الاخرى ، ومن خلال التحليل المنخلي يمكن معرفة النقاط المهمة التالية:

تصنيف التربة تجديد دليل المجموعة

تحيد أكبر واصغر حجم لجزيئات التربة حسب المناخل القياسية.

التوزيع النسبي لجزيئات التربة. ورسم منحى تدرجها

كمية المواد الناعمة بالتربة التي لها تأثير كبير على دمك والنفاذية قابلية الانضغاط.

تحديد معاملي الانتظام والتدرج للتربة

خطوات التجربة:

خذ عينة من التربة حوالي 500 جرام التي م تجهيزها وفي حالة احتواء التربة على كمية كبيرة من الحصى (Gravel) ذات احجام اكبر من 4.75 مم يتطلب الأمر تجهيز عينات بأوزان اكبر.

فتت العينات الى جزيئات دون تفتيت او تكسير الجزيئات ذاتها.

تأكد من نظافة الغرابيل وإزالة أي جزيئات عالقة بفتحات المناخل بالفرشة أو باليد إذا لزم الأمر.

يتم ترتيب المناخل بشكل تنازلي حسب فتحاتها الأكبر فالأصغر الى أن تنتهي بالطاجين أو الصحن (Pan) من اسفل مجموعة المناخل الذي يوضع مباشرة تحت المنخل رقم 200. كما بالشكل رقم (1). ويمكن اضافة مناخل اخرى بين غرابيل المجموعة المستخدمة حسب الحاجة كما سبقت الاشارة.

حدد وزن العينة المراد اختبارها بدقة الى درجة دقة تصل 0.1 جرام (W1).

يتم تثبيت المناخل التي تم ترتيبها جيداً بالهزاز الآلي (Mechanical shaker) بتسلسل تنازلي الأكبر فالأصغر.

ضع التربة التي تم تجهيزها في الفقرة (5) في الغربال العلوي ثم ثبت غطاء الغربال جيداً.

بعد التأكد من كافة الاحتياطات الخاصة بالتجربة قم بتشغيل الجهاز الهزاز الذي بدوره يقوم بتحريك المناخل بشكل حركة الى الامام والى الخلف والى اليمين واليسار ومع وعكس عقارب الساعة (backwards and forwards, left to right, circular clockwise and anti-clockwise) بحيث تتحرك عينة التربة خلال الاختبار بشكل مستمر على أسطح المناخل. يستمر التشغيل لفترة زمنية من 10 -15 دقيقة.

بعد فترة زمنية من 10 الى 15 دقيقة من نخل أو غربلة عينة التربة يتم إيقاف الهزاز ويؤخذ كل منخل على حدة ويوزن بدقة بحيث يحدد وزن التربة المحجوزة على كل منخل وكذلك كمية التربة المارة من منخل رقم 200 التي تم حجزها بالصحن (الطاجين) وتدون بالجدول.

- في حالة التصاق بعض الجزيئات بفتحات المناخل يتطلب الأمر إزالتها بالفرشة أو باليد و تضاف الى كمية المواد المتبقية على نفس الغربال.

- في حالة وجود كمية كبيرة من الطين والطمي (Silt and Clay)محجوزة على المنخل رقم 200 ينقل المنخل رقم 200 بالمواد المحجوزة المحتوية على الطين والطمي ويتم غسلها بالماء وذلك بسكب الماء على المواد المحجوزة على المنخل عن طريق حنفية (صنبور) المعمل الى ان تبدو المياه الخارجة من المنخل صافية ونظيفة وخالية من اي عوالق.

- بعد استكمال عملية الغسل للتربة يتم نقل التربة المحجوزة على المنخل رقم 200 عن طريق الغسل العكسي (Back washing) الى صحن تجفيف من مادة البورسلين (Porcelain dish) ثم توضع في فرن التجفيف الى أن يثبت وزنها وبذلك يكون وزن المواد الناعمة التي تم غسلها مساوياً للوزن الكلي المحجوزة على منخل رقم 200 المسجل بالفقرة (9) مخصوماً منه الوزن المحجوز على منخل رقم 200 بعد الغسل والتجفيف فقرة (12) وتضاف المواد التي تم غسلها للمواد المارة من منخل رقم 200 التي تم حجزها في الصحن (الطاجين) فقرة (9) هذا في حالة وجود كمية معتبرة من الطين والطمي محجوزة على المنخل رقم 200 ، أما في حالة كمية الطمي والطين المحجوزة على المنخل رقم 200 صغيرة وغير ذات تأثير فيتم الاستغناء عن اجراء عملية غسل التربة المحجوز على المنخل رقم 200.
- يتم بدقة تدوين كافة الأوزان والملاحظات التي تم مشاهدتها خلال التجربة في الخانات المعدة لذلك.

الحسابات : Calculations

بعد الانتهاء من الفقرات السابقة يتم انشأ جدول وتدوين نسب ووزن المواد المحجوزة والمارة على كل منخل بدقة حسب الجدول رقم (2) ويمكن حساب ذلك باستخدام العلاقات التالية:

- يتم حساب نسبة التربة المحجوزة (R_n) على كل منخل (n^{th}) (بداية من الأعلى الى السفل حيث:

$$R_n = \frac{\text{الكمية المحجوزة على المنخل }(W_n)}{\text{الكمية الكلية }(W_1)} \times 100 \qquad [1]$$

يتم حساب النسبة (%) التراكمية المحجوزة على (n^{th}) منخل من العلاقة التالية:

$$\text{النسبة(\%) التراكمية المحجوزة على (} n^{th} \text{) منخل} = \sum_{i=1}^{i=n} R_n \quad [2]$$

يتم حساب النسبة التراكمية المارة من كل منخل من العلاقة التالية:

$$\text{النسبة(\%) التراكمية المارة من (} n^{th} \text{) منخل} = 100 - \sum_{i=1}^{i=n} R_n \quad [3]$$

بعد الانتهاء من العمليات الحسابية للمواد المحجوزة والمارة والتراكمية على كل منخل ونسبتها يتم رسم منحنى التدرج الحبيبي على ورق شبه لوغاريثمي (Semi–logarithmic) بحيث يتم توقيع قطر الحبيبات على المحور الأفقي (X) بالمقياس اللوغاريثمي، بينما يتم توقيع نسبة المواد المارة من كل منخل على المحور الرأسي (Y) بالمقياس الطبيعي، كما بالشكل رقم (1)

رقم العملية: ---------------- التاريخ: ---------------

المشروع: ----------------موقع المشروع:------------ -----

رقم الجسة:---------------- عمق العينة: ------------------

رقم العينة: --------------- وصف التربة: -----------------

اسم الفاحص: ----------------------------------

جدول رقم (2) نتائج التحليل المنخلي التدرج الحبيبي: (الكمية 1555.4 جرام)

رقم المنخل (No.)	حجم فتحة المنخل (mm)	الكمية المحجوزة على المنخل جرام (gm) (Wn)	النسبة المحجوزة على المنخل Rn (%)	الكمية المارة من المنخل جرام (gm) R_n	النسبة المارة من كل منخل $100 - \sum Rn$ (%)
1“	25.4	0.0	0.0	1555.4	100

95.8	1489.8	4.2	65.6	19.0	3/4“
74.2	1154.5	25.8	400.9	9.50	3/8“
46.6	725.1	53.4	830.3	4.75	No. 4
33.8	525.7	66.2	1029.6	2.36	No. 8
21.2	329.8	78.8	1225.6	0.60	No. 30
13.1	203.8	86.9	1351.7	0.30	No. 50
5.6	87.1	94.4	1468.6	0.15	No.100
2.8	43.55	97.2	1512.2	0.075	No. 200
0.0	0.0	100	1555.4		Pan

الشكل رقم (1): التدرج الحبيبي

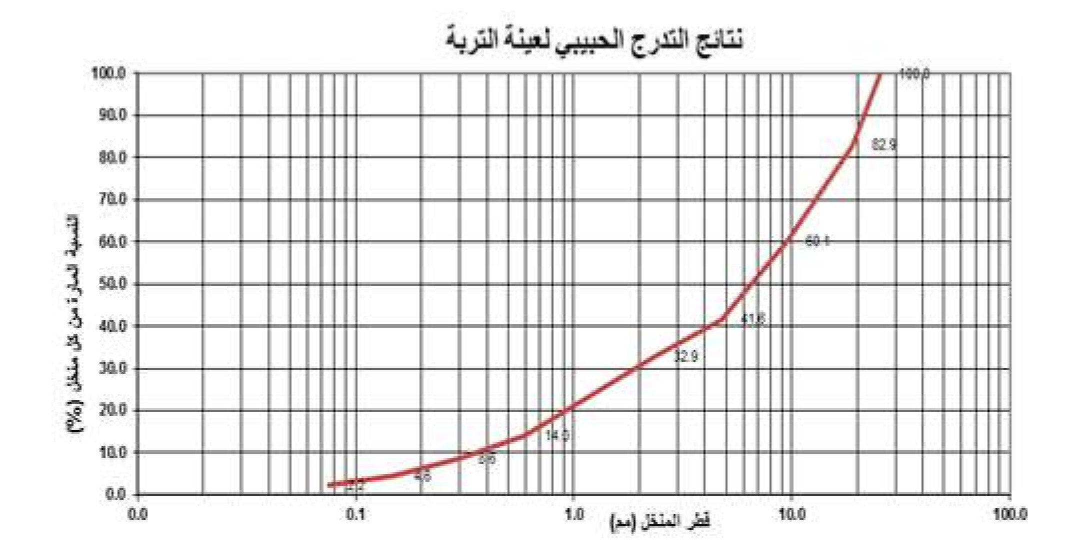
بعد رسم المنحنى يتم تحديد المعاملات التالية:

. القطر الفعال (D_{10} – Effective Coefficient)

. معامل الانتظام (C_u – Uniformity coefficient)

. معامل التدرج (C_g – Coefficient of gradation) ولكل واحد من هذه المعاملات أهميته واستخداماته في تصنيف وحسابات التربة. ولتحديد وحساب ذلك يتم استخدام العلاقات التالية:

• معامل الانتظام (C_u – Uniformity coefficient)= $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$



- معامل التدرج (C_g- Coefficient of gradation) = $C_g = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \times D_{10})}$
-

$C_u = (\frac{D_{60}}{D_{10}}) = (C_u - \text{Coefficient of gradation})$ معامل الانتظام $C_g = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \times D_{10})} =$ $(C_g - \text{Cefficient of gradation})$ معامل التدرج

التقرير: Report

عند إعداد التقرير وجدول البيانات يجب أين يحتوي على المعلومات والبيانات التالية:

اسم المشروع وموقعه

تحديد مكان الاختبار واسم الفني الذي اجرى الاختبار(الفاحص).

موقع الجسة، ورقمها، ووصف عينة التربة.

رسم منحنيات التدرج الحبيبي

تصنيف التربة وتحديد معاملات التدرج والانتظام والقطر الفعال

ذكر المحتوى المائي مقربا لأقرب رقميين عشريين.

تدوين إذا كانت العينة تحتوى على أكثر من نوع من التربة كنتيجة لوجود طبقات مثلاً.

مرجع التجربة، وتوضيح إي إجراءات تمت عند الاختبار كاستبعاد كمية أو تدرج معين من العينة.

تدوين إي ملاحظات أو مشاهدات خلال إجراء التجربة.



$$\text{الوزن النوعي } (Gs) = \frac{\text{وزن حجم معين من التربة}}{\text{نفس الحجم من الماء}}$$

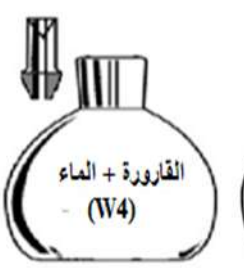
$$\textbf{specific gravity } (Gs) = \frac{\boldsymbol{unit\ weight\ (or\ density) of\ soil\ solids}}{\boldsymbol{unit\ weight\ (or\ density) of\ water}} \qquad [1]$$


Thermometer ترمومتر
Spoon ملعقة
ميزان
balance
موقد
Burner
قارورة
Flask
دورق
Pycnometer
قمع
Funnel
قنينة ماء بلاستيكية
plastic squeeze bottle


القارورة فارغة
(W1)


القارورة + العينة
(W2)


القارورة +العينة + الماء
(W3)


القارورة + الماء
(W4)

$$\text{specific gravity (Gs)} = \frac{W2 - W1}{(W4 - W1) - (W3 - W2)} \qquad (-) \qquad [2]$$

$$\mathbf{Gs} = \frac{Ws}{Vs \times \gamma water} = \frac{Ws}{Ww} \qquad (-) \qquad [3]$$

Ws

Vs

γ_{water}

Ww

α

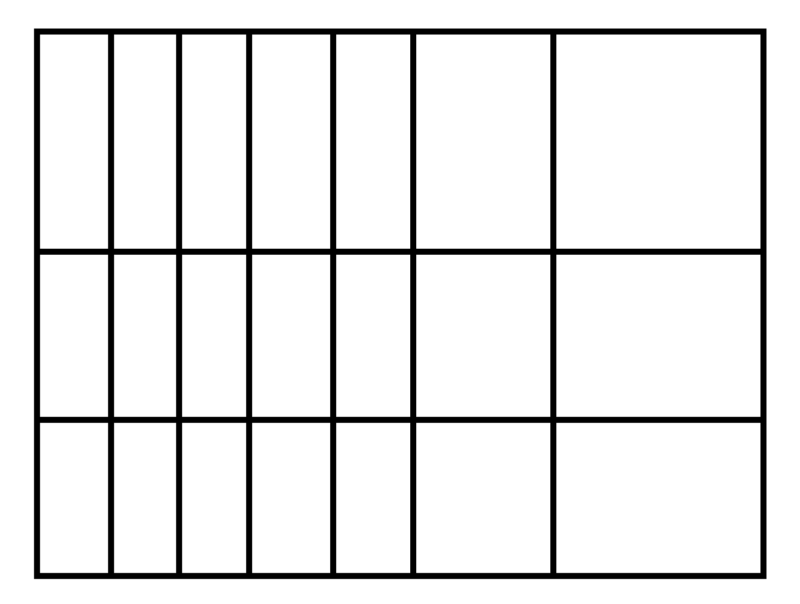
$$\alpha \text{ (correction factor)} = \frac{density\ of\ water\ at\ (T1)}{density\ of\ water\ at\ (20°C)} \qquad [4]$$

α

$\boldsymbol{\alpha}$

T1

	(α)		(α)

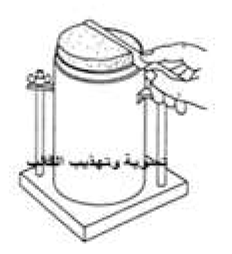



مطرقة قياسية
2.5 كيلوجرام
القالب والحلقة الاضافية
قاعدة معدنية

±


المطرقة القياسية
القالب القياسي ةالحلقة
معول
قنينة ماء
مرفاع هيدروليكي
حوض خلط العينات


المطرقة القياسية
الحلقة
طبقة 3.
طبقة 2.
طبقة 1.
القالب القياسي



$$\gamma \quad \frac{\text{وزن الرطبة التربة المضغوطة}}{\text{حجم القالب}}$$

$$\frac{\mathbf{W4-W5}}{\mathbf{W5-W3}}$$

$$\mathbf{100x}\frac{\gamma}{(1+\frac{w}{100})}$$

$$\gamma_{d(theoritical-\max)} = \gamma_{sav} = \frac{\gamma_w}{(\frac{w(\%)}{100}+\frac{1}{G_s})}$$

γ_{sv}

γ_w

$= G_s$

$G_s \ \gamma_w$

$\gamma_{sav})$

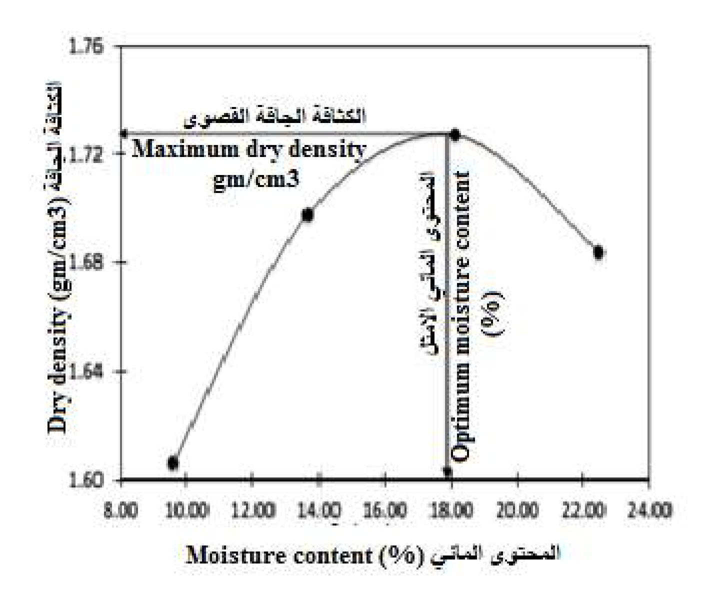
١. تحديد الكثافة الجافة للتربة Determination of density of soil						
رقم العينة						
6	٥	4	3	2	1	العنصر
						وزن القالب+ القاعدة بدون الطوق (W1) (جم)
						وزن القالب + القاعدة +التربة الرطبة (W2) (جم)
						وزن التربة الرطبة المضغوطة (W2 - W1) (جم)
						الكثافة الرطبة للتربة (جم/سم٣) (γ gm/cm^3) $\gamma = \frac{}{Volume\ of\ mold}$ gm/cm
متوسط قيمة الكثافة الجافة (γ) = ...						

2. تحديد المحتوى المائي للتربة Moisture content Determination (w)						
رقم العينة						العنصر
6	٥	4	3	2	1	رقم علبة أو صفيحة الرطوبة (-)
						وزن علبة التجفيف الرطوبة فارغة (W3) (جم)
						وزن علبة التجفيف + التربة الرطبة (W4) (جم)
						وزن علبة التجفيف والتربة الجافة (W5) (جم)
						المحتوى المائي للتربة w (%) $w = \frac{(W4-W5)}{(W5-W3)} \times 100$ (%)
متوسط قيمة المحتوى المائي بالتربة (w) = ...						

3. تحديد الكثافة الجافة للتربة Determination of soil dry density (γdry)
الكثافة الجافة للتربة (γdry) (جم/سم٣) $\gamma_{dry} = \frac{w}{(1+\frac{}{100})}$ gm/cm

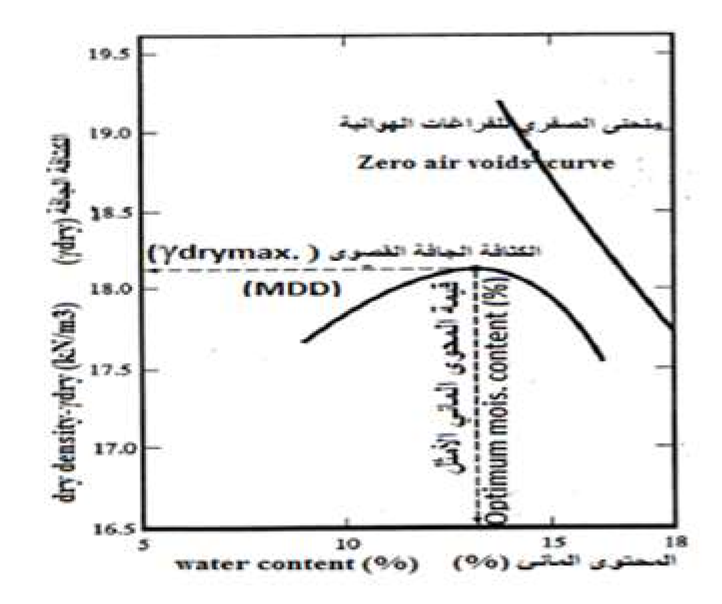
$\gamma_{d(field)}$

$\gamma_{d(max-lab)}$



$$R\ (\%) = \frac{\gamma_{d(field)}}{\gamma_{d(max-lab)}} \times 100$$

$\gamma_{d(theoritical-\max)}$			



منحنى الصفري للفراغات الهوائية
Zero air voids curve
(γdrymax.) الكثافة الجافة القصوى
(MDD)
قيمة المحتوى المائي الأمثل
Optimum mois. content (%)
dry density: γdry (kN/m3)
الكثافة الجافة (γdry)
19.5
19.0
18.5
18.0
17.5
17.0
16.5
5
10
15
18
water content (%)
المحتوى المائي (%)

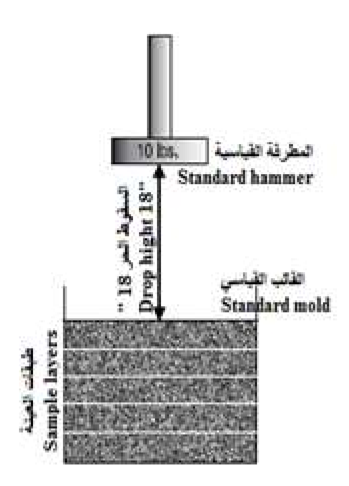
$$\left(593\,\frac{kJ}{m^3}\right) = 12375\,\frac{ft.lb}{ft^3} = \frac{(3\ laers)\left(25\frac{blows}{layer}\right)(5.5lb)\left(\frac{1ft}{blow}\right)}{1/30ft^3} =$$ طاقة الدمك

$$56250\ \frac{\text{ft.lb}}{\text{ft}^3} = (2694\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3})$$



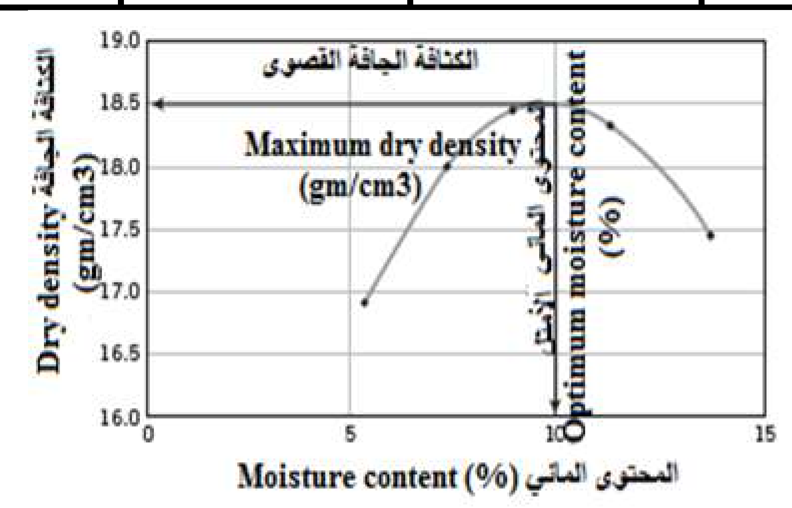
$(\frac{1}{30ft^3}$

$(25 blows)$


10 lbs.
المطرقة القياسية
Standard hammer
Drop hight 18"
القالب القياسي
Standard mold
Sample layers

				•
				•

$\gamma_{d(theoritical-\max)}$			



الكثافة الجافة القصوى
Maximum dry density
(gm/cm3)
Optimum moisture content
(%)
Dry density (gm/cm3)
الكثافة الجافة
19.0
18.5
18.0
17.5
17.0
16.5
16.0
0
5
10
15
Moisture content (%) المحتوى المائي

٤. تحديد الكثافة الجافة للتربة Determination of density of soil

العنصر	رقم العينة					
	1	2	3	4	ه	6
وزن القالب+ القاعدة بدون الطوق (W1) (جم)						
وزن القالب + القاعدة +التربة الرطبة (W2) (جم)						
وزن التربة الرطبة المضغوطة (W2 - W1) (جم)						
الكثافة الرطبة للتربة (جم/سم٣) (γ gm/cm^3) $\gamma = \frac{}{Volume\ of\ mold}$ gm/cm						
متوسط قيمة الكثافة الجافة (γ) = ...						

5. تحديد المحتوى المائي للتربة Moisture content Determination (w)

العنصر	رقم العينة					
رقم علبة أو صفيحة الرطوبة (-)	1	2	3	4	ه	6
وزن علبة التجفيف الرطوبة فارغة (W3) (جم)						
وزن علبة التجفيف + التربة الرطبة (W4) (جم)						
وزن علبة التجفيف والتربة الجافة (W5) (جم)						
المحتوى المائي للتربة w (%) $w = \frac{(W4-W5)}{(W5-W3)} \times 100$ (%)						
متوسط قيمة المحتوى المائي بالتربة (w) = ...						

6. تحديد الكثافة الجافة للتربة

7. Determination of soil dry density (γdry)

الكثافة الجافة للتربة (γdry) (جم/سم٣)

$$\gamma dry = \frac{\gamma}{(1+\frac{w}{100})} \quad gm/cm^3$$

الفصل التاسع

تجربة اختبار كثافة التربة الموقعية بطريقة المخروط الرملي

Field Density Test (Sand Cone Test)

مقدمة: Introduction

تعتبر تجربة تحديد الكثافة الحقلية للتربة من التجارب الهامة التي لا يخلو منها معمل من معامل الهندسة المدنية، ويتم من خلالها تحديد الكثافة الحقلية للتربة الطبيعية أو أعمال الردم للطرق والمطارات والسكك الحديدية والسدود، وغيرها بعد الدمك وذلك عن طريق تحديد الوزن والمحتوى المائي للتربة وحجم الحفرة الاختبار وحسب الشروط القياسية لهذا الاختبار. حيث يقوم المهندسون والمشرفون على تنفيذ الأعمال بإجراء اختبارات الكثافة الحقلية ومحتوى الرطوبة حسب مراحل تنفيذ الأعمال، ويتم مقارنة النتائج المتحصل عليها من الموقع مع المستهدف حسب المواصفات الفنية والتصميمية والتأكد من أن المقاول قد حقق المستهدف حسب المواصفات وشروط تنفيذ الأعمال. وتتلخص طريقة الاختبار في حفر حفرة في التربة المراد اختبارها ويتم دلك يدويا وباستخدام بعض والأدوات البسيطة مثل الإزميل والمطرقة الملعقة، حيث يتم حفظ كل التربة التي تم حفرها في حافظة بلاستيكية أو وعاء خاص بغطاء محكم لمنع فقدان الرطوبة، ثم يتم ملء الحفرة بتربة قياسية أو معلومة الكثافة، ويتم تحديد حجم الحفرة، والكثافة الحقلية الرطبة وذلك

بقسمة كتلة التربة الرطبة المزالة من الحفرة على حجم الحفرة، ثم يتم تحديد المحتوى المائي، والكثافة الجافة للتربة، وباستخدام الكثافة الرطبة، والمحتوى المائي، وحجم الحفرة يتم حساب الكثافة الحقلية للموقع. كما تجدر الإشارة إلى أن هذه الطريقة تستخدم لتحديد الكثافة الحقلية للتربة الخالية من الصخور والركام الذي يزيد قطره عن 2/1 1 بوصة (38 مم). كما يمكن استخدامها لتحديد الكثافة الموقعية ووحدة الوزن للتربة الغير مقلقلة الموقعية، بحيث تكون الفراغات والمسامات في التربة صغيرة لا تسمح بتخلل رمل الاختبار في هذه الفراغات كما يجب أن تحتوي هذه التربة على ترابط بين جزيئاتها بحيث تمنع حواف الحفر من الانهيار خلال الاختبار ومتماسكة حتى يمكن تثبيت صفيحة القاعدة وجهاز الاختبار دون حدوث تشوه في الحفرة الاختيارية. وتعتبر هذه الطريقة غير مناسبة للتربة العضوية والتربة المتشبعة والتربة عالية اللدونة، حيث يؤدي ذلك إلى تشوه تحت تأثير الضغط عند الحفر أو عند تثبيت الصفيحة والجهاز، وفي حالة التربة الحبيبية عالية المسامية، والتربة التي تحتوي على ركام أكبر من 38 مم يمكن استخدام احد هاتين التجربتين (D 4914)أو (D 5030) لتحديد الكثافة الحقلية.

الغرض من التجربة

الغرض من هذه التجربة هو تحديد الكثافة للتربة الطبيعية أو التي تم توريدها خلال تنفيذ الأعمال ولها أهمية كبيرة في تحديد نسبة الدك للتربة و طبقات الأساس والأساس المساعد وغالبا ما يتم الاعتماد عليها في قبول أو رفض الأعمال الترابية التي تم تنفيذها كقيمة من كثافة المحددة أو نسبة مئوية للدمك من الكثافة الجافة القصوى (Maximum dry density) المحددة المتحصل عليها من تجربة بروكتور(D 1557) مثلا.

الأدوات Tools and Equipments

1. اسطوانة أو قارورة (Jar) لاحتواء الرمل القياسي.

2. اسطوانة أو قالب الاختبار لتجربة بروكتور مع قاعدته للمعايرة بدون الإضافة.

3. جهاز المخروط الرملي (Sand cone apparatus) مكون من قارورة (جالون) بلاستيكية ملحق بها صمام.

قاعدة الجهاز صفيحة معدنية (Metal Plate) في وسطها ثقب أو فتحة دائرية.

رمل قياسي معلوم الكثافة، جاف نظيف خال من الشوائب والمواد العضوية، غير متماسك وسهل الانسياب من القارورة.

ميزان حساس بدرجة دقة 1.0 جم.

ميزان بدقة 0.01 جم.

أوعية أو حوافظ لقياس محتوى الرطوبة.

فرن تجفيف، درجة حرارته من 105^{0} C إلى 110^{0} C وأوعية لتحديد محتوى الرطوبة.

. أوعية أو أكياس بلاستيكية لجمع التربة الناتجة عن الحفر غير منفذة للرطوبة ومحكمة الغطاء.

. أدوات حفر (Digging tools) ، ازميل (chisel)والمطرقة، ملعقة، سكين، مفك، والفرشاة ومنشفة ومفك (screwdriver) وسكين.

شكل رقم (1)، مجموعة من الأدوات الأساسية لإجراء التجربة



خطوات التجربة Testing procedures

أ- خطوات معايرة اجهزة الاخبار بالمعمل:

زن قالب المعايرة (بروكتور) مع قاعدته بحيث يتم تحديد حجمه ووزنه وليكن (W1, V1)

أملأ القالب بالرمل، مع مراعاة عدم هز القالب أو تحريكه، ثم سوي سطح الرمل، حدد وزن القالب والقاعدة والرمل، .(W2)

يوضع الرمل بالقارورة، ويحدد وزنها مع القمع والرمل (W3).

أقفل الصمام وضع القارورة على صفيحة مستوية أو إناء مقلوبة رأسا على عقب، ثم افتح الصمام لينساب الرمل من القارورة إلى القمع، عند امتلاء القمع وتوقف الرمل من الانسياب، اقفل الصمام، وارفع القارورة والصمام عن الصفيحة وحدد وزن القارورة والصمام والرمل المتبقي، (W4).

حدد حجم قارورة المعايرة وكثافة الرمل (γb-Bulk density of sand)

ب- خطوات الاختبار بالموقع:

حدد وزن جهاز احلال التربة (sand replacement apparatus) ، وليكن (W5)

املأ القارورة بالرمل ويلحق بها القمع والصمام ويتم تحديد وزنها، وليكن (W6).

3 يتم تنظيف الموقع المراد اختبار الكثافة الحقلية به من أي مواد غير مرغوب فيها وتسويته جيدا بما يسمح بتثبيت القاعدة المعدنية بشكل مستوي.

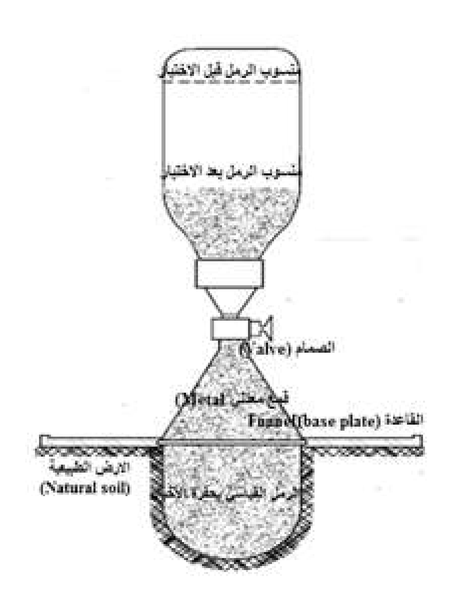


شكل رقم (2)القاعدة المعدنية وحفرة الاختبار

توضع القاعدة المعدنية على مكان الاختبار وتثبت جيدا بواسطة مسامير خاصة بحيث تكون الفتحة الدائرية في وسط القاعدة وملاصقة جيداً لسطح التربة بما لا يسمح بانسياب الرمل خارجها.

.5بعد تثبيت القاعدة المعدنية يتم بعناية ودقة يتم تحديد حفرة الاخبار باستعمال اليد وادوات الحفر بقطر مساوياً لفتحة القاعدة وبعمق مساويا للطبقة المدموكة، وفي حالة الأرض الطبيعية غالبا ما يكون عمق حفرة الاختبار في حدود 15 سم إلى 20 سم.

. يتم جمع وحفظ كل التربة الناتجة من حفرة الاخبار في الوعاء أو الكيس البلاستيكي المعد لذلك، مع مراعاة القفل بإحكام للمحافظة على قوام ومحتوى الرطوبة للتربة الطبيعية، ويتم تحديد وزنها (W10) بعد إخراجها من الحفرة مباشرة.



شكل رقم (3) اخبار الكثافة الحقلية بالموقع

وبعد استكمال حفر الحفرة، يتم وضع وتثبيت جهاز الاختبار (Sand cone apparatus) المملوء بالرمل القياسي مقلوبا على القاعدة المعدنية، ثم يفتح الصمام (الصنبور) ليسمح بانسياب الرمل في الحفرة، وبعد أن يقف انسياب وتملا الحفرة والقمع بالرمل القياسي يتم قفل الصمام.

ت- خطوات تحديد محتوى الرطوبة بالمعمل:

- ترفع مكونات جهاز الاختبار (Sand cone apparatus) ويتم وزنها وما تبقى بها من الرمل القياسي (W7). من ذلك يمكن حديد التربة المستخدمة في الموقع.

حدد وزن الرمل القياسي اللازم لملء حفرة الاخبار(W8) = (W7-W6).

حدد وزن التربة التي تم جمعها من حفرة الاختبار، (W9)= (W4-W8) .

بمعرفة كثافة الرمل القياسي (bulk density- , γ_{bulk}) حدد وزن التربة الناتجة من الحفرة وليكن (W10)

خذ عينين على الأقل من التربة الناتجة من الحفرة وحدد محتوى الرطوبة بهما. وعند تحديد محتوى الرطوبة يجب أن يتم ذلك بسرعة حتى لا تفقد التربة قوامها ورطوبتها. ويمكن استخدام كامل التربة الناتجة من الحفرة لتحديد المحتوى المائي.

الحسابات: Calculations

1) المعادلات المستخدمة:

1. تحديد حجم القارورة (V_1) (سم^3) (cm^3)
2. حساب الكثافة الظاهرية للرمل (Bulk density of sand):

$$\gamma_{bulk} = \frac{W}{V1}$$ (gm/cm^3) [1]

حيث:

W= وزن الرمل المطلوب لملء القارورة جم/سم^3 (gm/cm^3)

V_1= حجم الماء المطلوب لملء القارورة سم^3 (cm^3)

3. حساب الكثافة الموقعية (Field density):

$$V = \frac{W2-W1}{\gamma_{sand}} =$$ (cm^3) [2]

$$\gamma_b = \frac{W1}{V}$$ (kg/cm^3) [3]

حيث:

V = حجم حفرة الاختبار أو حجم التربة المحفورة سم^3 (cm^3)

W_2= وزن التربة اللازمة لملء حفرة الاختبار والقمع كجم (kg)

W_3= وزن الرمل اللازم لملء القمع   كجم (kg)

W_3= وزن التربة المحفورة من حفرة الاختبار   كجم (kg)

4. حساب كثافة التربة الطبيعية (Natural soil) الناتجة من الحفرة :

$$Density\ of\ soil = \gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+\frac{w}{100}}$$ (kg/cm³) [4]

5. وزن الرمل اللازم لملء الحفرة (W9) :

$$W9 = (W8 - W4)$$ (gm) [5]

6. حجم التربة التي تم اخراجها من الحفرة:

$$(V2) = \frac{\mathbf{W9}}{\gamma_{bulk}}$$ (cm³) [6]

7. الكثافة الحقلية للتربة :

$$\gamma_{field} = \frac{\mathbf{W10}}{\mathbf{V2}}$$ (kg/cm³) [7]

8. المحتوى المائي للتربة :

$$Water\ content\ (\%) = \frac{(B-C)}{(C-A)} \times 100$$ (%) [8]

9. تحديد الكثافة الجافة للتربة:

بمعلومية الكثافة الحقلية للتربة $(\gamma field)$ والمحتوى المائي للتربة (w) يتم ايجاد الكثافة الجافة للتربة γ_{dry} بتطبيق القانون الاتي:

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{field}}{(1+\frac{w}{100})}$$ (kg/ cm^3) **[9]**

2) معايرة ادوات الاخبار

جدول رقم (1) بيانات معايرة الاجهزة

رقم العملية: -------------------- التاريخ: --------------

المشروع: ----------------- موقع المشروع:---------------

رقم الجسة:--------------- عمق العينة: ------------------

رقم العينة: ------------- وصف التربة: ------------------

اسم الفاحص: -----------------------------------

الجهاز أو العنصر	الوحدة	1	2	3
وزن قارورة المعايرة	جم			
حجم قارورة المعايرة	سم^3			
وزن القارورة والرمل	جم			
وزن الرمل بالقارورة	جم			
وزن الرمل لملء المخروط	جم			
الكثافة الظاهرة (γb) ***للرمل القياسي***	جم / سم^3			

3) تحديد الكثافة الحقلية:

جدول رقم (2) تحديد الكثافة للتربة الحقلية

رقم العملية: --------------------- التاريخ: --------------

المشروع: ---------------------موقع المشروع:---------------

رقم الجسة:------------------ عمق العينة: -----------------

رقم العينة: ---------------وصف التربة: ----------------

اسم الفاحص: ----------------------------------

الجهاز أو العنصر	الوحدة	1	2	3
وزن جهاز الاخبار فارغ (W5)	جم			
وزن جهاز الاخبار مع الرمل (W6)	جم			
وزن جهاز الاخبار+ الرمل بعد اجراء التجربة (W7)	جم			
وزن التربة المستخدمة في الاخبار (W8)	جم			
وزن التربة المستخدمة لملء الحفرة W9 =(W8- W4)	جم			
وزن التربة الناتجة من الحفرة (W10)	جم			
حجم التربة الناتجة من الحفرة (V2)	$سم^3$			
الكثافة الحقلية للتربة $(\gamma field)$	$جم / سم^3$			
المحتوى المائي للتربة (w)	%			
الكثافة الجافة للتربة الحقلية (γdry)	$جم / سم^3$			

4) تحديد المحتوى المائي للتربة:

جدول رقم (3) المحتوى المائي للتربة الحقلية

رقم العملية: --------------------التاريخ: --------------

المشروع: --------------------موقع المشروع:--------------

رقم الجسة:------------------ عمق العينة: -----------------

رقم العينة: ------------------ وصف التربة: ---------------

اسم الفاحص: ----------------------------------

العنصر	رقم العينة		
	1	2	3
وزن العلبة فارغة (A) (جم).			
وزن العلبة والتربة الرطبة (B) (جم).			
وزن العلبة والتربة الجافة (C) (جم).			
وزن الماء (W4) = (B-C) (حم).			
وزن التربة الجافة = (C-A) (جم)			
المحتوى المائي % (w) = $\frac{(B-C)}{(C-A)} \times 100$			
متوسط المحتوى المائي			

التقرير: **Report**

بعد استكمال التجربة وتدوين النتائج والحسابات في الجداول المعدة لذلك، يتم إعداد التقرير فني عن التجربة ويجب أن يحتوي على الآتي:

اسم المشروع وموقعه، واسم المشروع وموقعه. وموقع الجسة، ورقم العينة

مصدر العينات المستخدمة

اسم المختبر (الفاحص)

طريقة تحضير واختبار العينة إن كانت جافة أو رطبة.

نوع الطريقة المستخدمة وآلية دمكها يدويا أو ميكانيكيا.

وصف التربة المستخدمة وتصنيفها.

رسم المنحنيات البيانية للتجربة

تحديد الكثافة الجافة القصوى، والمحتوى المائي الأمثل المتحصل عليه.

ذكر أي تغيير او تعديل في شروط التجربة وأي ملاحظات خلال اجراء التجربة.

. تدوين اي تعديل او ملاحظات خلال اجراء التجربة.

$(i = \frac{h}{L})$

$$Q = k.A\frac{h}{L}$$

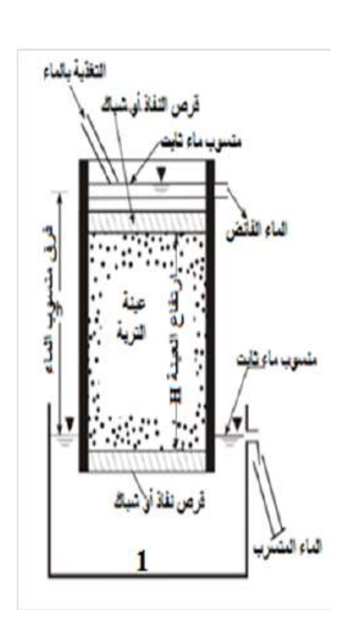
$$k = \frac{QL}{Ath}$$

cm^3)

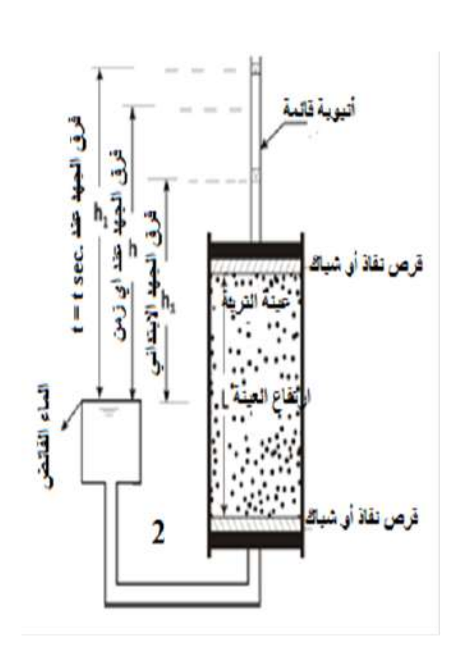
(cm)

(cm^2)

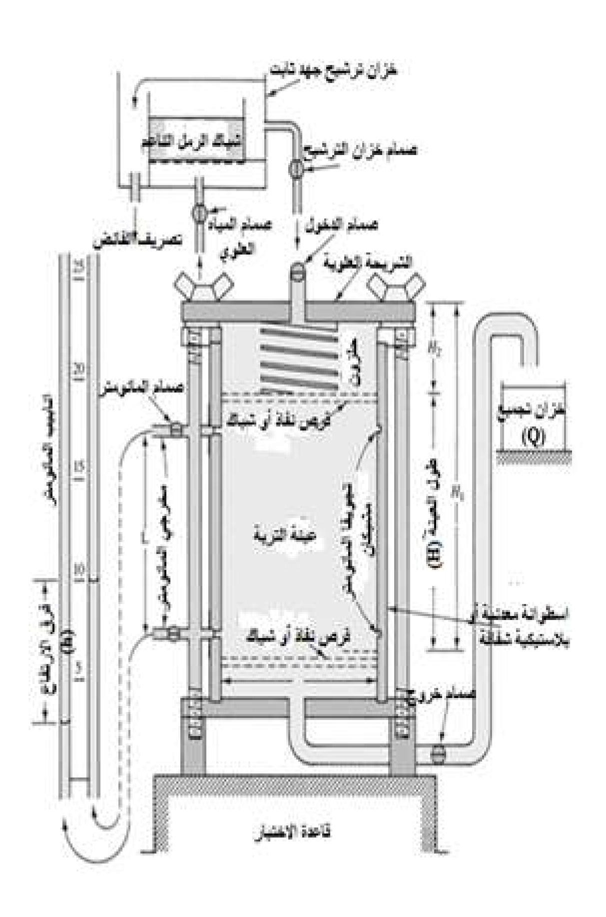
$(\mathrm{sec.})$



التغذية بالماء
قرص النفاذ أو شباك
منسوب ماء ثابت
الماء الفائض
فرق منسوب الماء
عينة التربة
ارتفاع العينة H
منسوب ماء ثابت
قرص نفاذ أو شباك
الماء المتسرب
1



أنبوبة قائمة
فرق الجهد عند t = t sec.
h_1
فرق الجهد عند أي زمن
h
فرق الجهد الابتدائي
h_0
قرص نفاذ أو شباك
عينة التربة
ارتفاع العينة L
الماء الفائض
قرص نفاذ أو شباك
2



خزان ترشيح جهد ثابت
شباك الرمل الناعم
صمام خزان الترشيح
تصريف الفائض
صمام المياه العلوي
صمام الدخول
الشريحة العلوية
حلزون
صمام المانومتر
قرص نفاذ أو شباك
خزان تجميع (Q)
أنابيب المانومتر
مخارج المانومتر
عينة التربة
طول العينة (H)
فرق الارتفاع (h)
اسطوانة معدنية أو بلاستيكية شفافة
قرص نفاذ أو شباك
صمام خروج
قاعدة الاختبار

$$v = \frac{Q}{At}$$

$$i = \frac{h}{L}$$

$\frac{h}{L}$

$$k = \frac{QL}{Ath}$$

K = معامل النفاذية سم/ ثانية (cm/sec.)

Q = كمية المياه المتسربة سم3 cm^3)

L (cm)

(cm^2)

t = الزمن الكلي لتسيب المياه ثانية $(sec.)$

▪

$$e = \frac{G_s \rho_w}{\gamma_{dry}}$$

▪

$(\frac{W2-W1}{\frac{\pi}{4} D^2 H})$ $\gamma_{dry})$

G_s

ρ_w= كثافة الماء جم / سم3 (gm/cm3)

$(W2 - W1)$

$20C^0$ (k)

(k)

$20C^0$

$$K_{20^0}C = K_{T^0}C \frac{\mu_{T^0C}}{\mu_{20^0C}}$$ (k)

K (cm/sec)

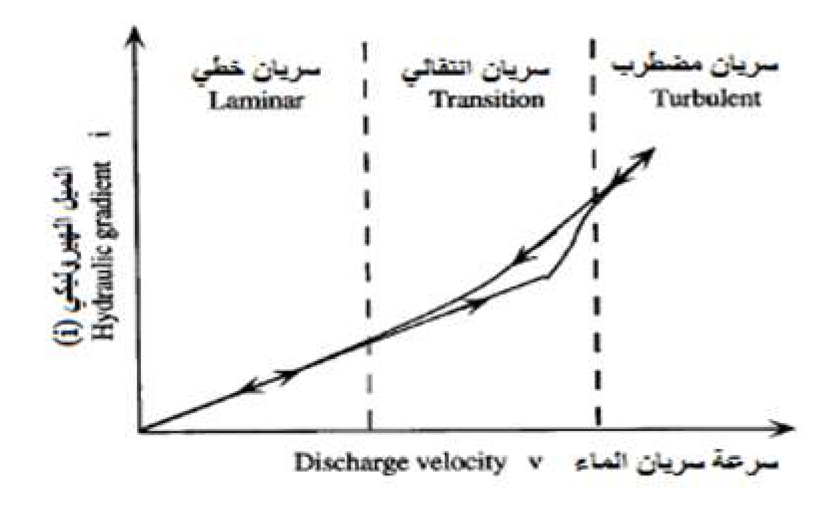
μ

μ_2

	$V = \frac{\pi}{4} D^2 H \ (cm^3)$
	G_s
	$W1$
	γ_{dry} $\gamma_{dry} = \frac{W2-W1}{V} \quad (gm/cm^3$
	$e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{dry}} - 1$

			$A = \frac{\pi}{4} D^2$
			$k = \frac{QL}{Aht}$
			$$K_{20^0}C = K_{T^0C} \frac{\mu_{T^0C}}{\mu_{20^0C}}$$

$\frac{\mu_{T^0C}}{\mu_{20^0C}}$	(C^0)	$\frac{\mu_{T^0C}}{\mu_{20^0C}}$	(C^0)



$(\frac{h}{L})$ $(\frac{Q}{At})$





$(\sigma 3 = 0)$

$(c \,\&\, \emptyset)$

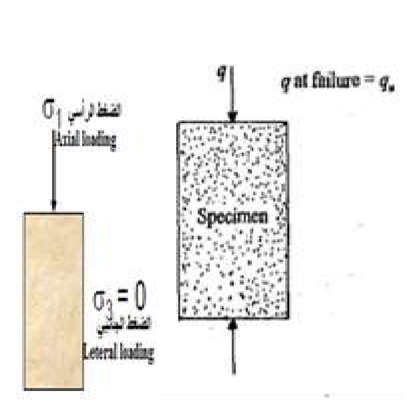
(τ)

$$\tau = C + \sigma\ tan\emptyset$$

τ

C

$\emptyset$


σ1 الضغط الرأسي
Axial loading
σ3 = 0
الضغط الجانبي
Leteral loading
q
q at failure = qu
Specimen



$$\frac{\Delta L}{L} \quad \frac{\text{التغير في طول العينة}}{\text{الطول الابتدائي للعينة}}$$

$$axial\ strain = \frac{length\ change\ of\ specimen}{initial\ length\ of\ specimen}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$= \varepsilon$

l

Δl

قراءة حلقة المعايرة × المعايرة ثابت

$$\frac{\text{مساحة المقطع الابتدائية}}{(1-\text{الاجهاد الرأسي المطبق})}$$

$$average\ cross-sectional\ area = \frac{initial\ cross\ -sectional\ area}{(1-axial\ strain\ for\ given\ loading}$$

$$A_f = \frac{A_i}{1-\varepsilon}$$

A_f

A_i

$$\frac{1000\times \text{الحمل الضغط}\ (N)}{\text{متوسط مساحة المقطع}\ \ (m2)} \quad (\sigma)$$

$$compressive\ stress\ (kPa) = \frac{1000\times given\ applied\ load\ (N)}{average\ cross\ sectional\ area\ (m2)}$$

$$\sigma = \frac{Load}{A_f}$$

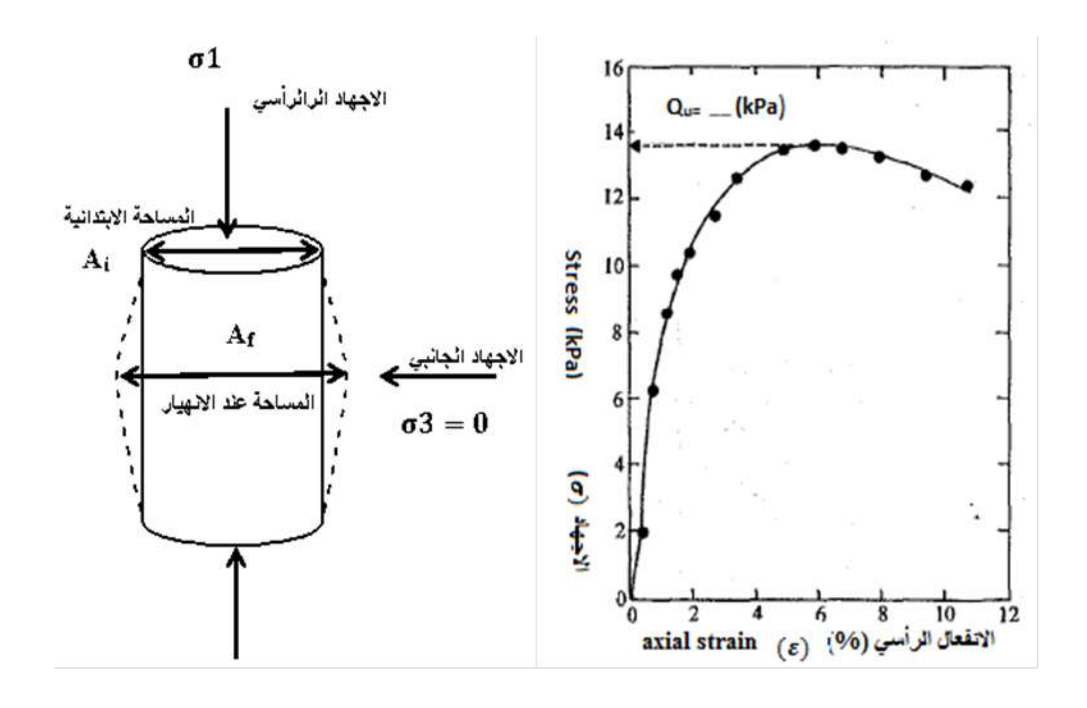
σ	A_f	q_u	$(division)$	$\varepsilon = (\frac{\Delta L}{L})$	(ΔL)

[4] $Soil\ sensitivity = \frac{q_{u(undisturbed)}}{q_{u(remold)}}$ = (Ss)، حساسية التربة

$q_u\ (undisturbed)$

$q_u\ (remold)$





σ1
الاجهاد الرائرأسي
المساحة الابتدائية
Ai
Af
الاجهاد الجانبي
المساحة عند الانهيار
σ3 = 0
Qu= __ (kPa)
Stress (kPa)
الاجهاد (σ)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
axial strain (ε) (%) الانفعال الرأسي

60 مم × 60 مم

(P_h)

(P_v)



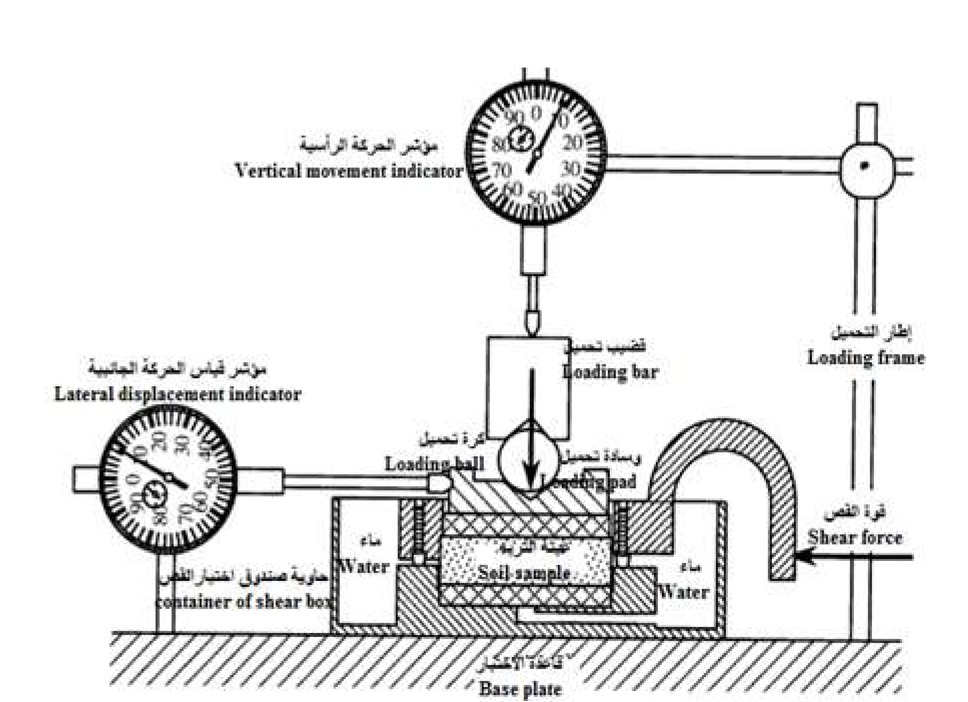
τ)



مسطرة تقويم مستقيمة
سكينة تسوية معجون



القدمة ذات الورنية



مؤشر الحركة الرأسية
Vertical movement indicator
إطار التحميل
Loading frame
قضيب تحميل
Loading bar
مؤشر قياس الحركة الجانبية
Lateral displacement indicator
كرة تحميل
Loading ball
وسادة تحميل
Loading pad
قوة القص
Shear force
ماء
Water
عينة التربة
Soil sample
ماء
Water
حاوية صندوق اختبار القص
container of shear box
قاعدة الاختبار
Base plate

P_v (σ_n) •

P_h $\tau)$ •

$$\boldsymbol{\sigma_n = \frac{P_v}{A}}$$

$$\boldsymbol{\tau = \frac{P_h}{A}}$$

$$\tau = c + \sigma_n \tan\emptyset$$

c

σ_n

τ

$\emptyset$

$(c \,\&\, \emptyset)$

(τ) (σ_n)

$$A = A_0 \times (1 - \frac{\delta}{3})$$

$\times$

$$\boldsymbol{\tau} = \frac{\boldsymbol{P_h}}{\boldsymbol{A}}$$

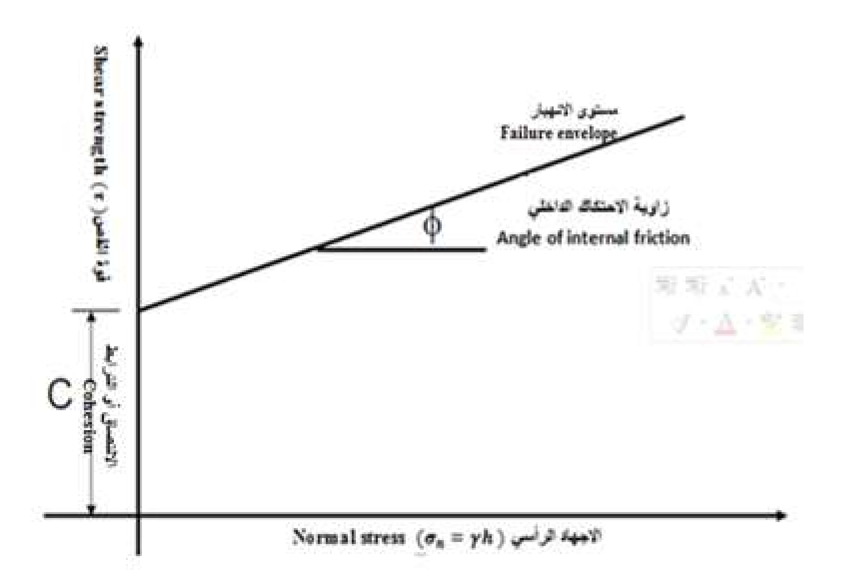
(τ)		(Div.)		(δ)	(Div.)	(σ)	

					(σ)

					(τ)

•

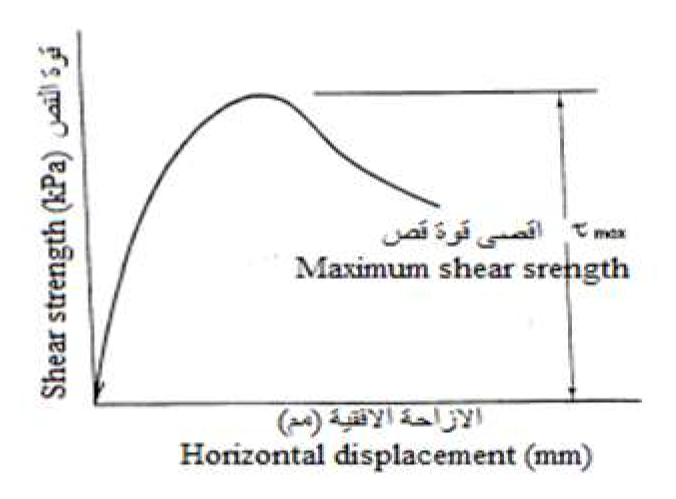
(τ) (σ)



(δ)

(τ)

(σ) (kPa)



$\emptyset$

$(\boldsymbol{\tau})$

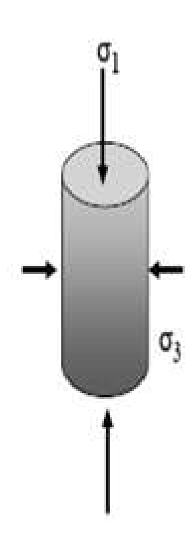
(ε)

(S)

$\mathbf{C}_u$		
$\emptyset = \mathbf{0}$		
$\emptyset$		
$\emptyset$		

C_u

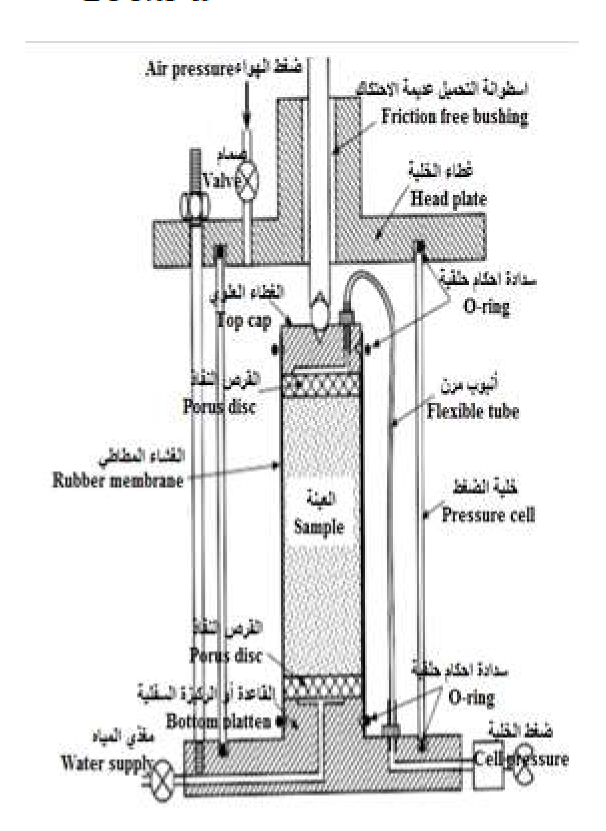
$\emptyset$



%1 ±

$\pm 2\text{kPa}$

$200kPa$ $200kPa$



$$(\Delta V/V)/\Delta U < 3.2 \times 10^{-6}$$

ΔV

V

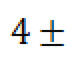
(kPa) $= \Delta U$

$\%0.05 \pm$

$10^{-4} \times 1$

$10^{-5} \times 1$

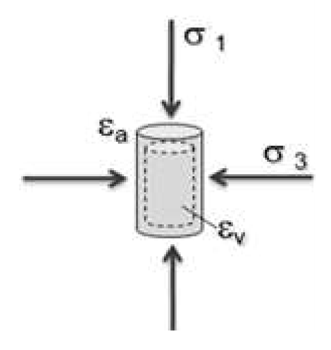




(σ_3)

(σ_3)

(σ_3)



(τ) (σ)

∅)

$$\frac{\pi}{4} D_0{}^2 \qquad (A_0$$

$$A_0 \times L_0 = (V_0) =$$

$$= (V_c (V_0 - \Delta V)$$

$$L_0 \sqrt[3]{(\frac{V_c}{V_0})} = (L_c)$$

$$A_0 \sqrt[2/3]{\frac{V_c}{V_0}} = (A_c)$$

$$\frac{\Delta L}{L_c} \qquad \varepsilon)$$

$$\frac{A_c}{1-\varepsilon}$$

$$\frac{P}{A} \qquad \Delta\sigma)$$

$$\bar{A} = \frac{\Delta U}{\Delta \sigma} \quad (\bar{A}$$

	(w)
	(L_0)
	(D_0)
	$(\frac{\pi}{4}D_0{}^2$ $(A_0$
cm^3	$A_0 \times L_0 = (V_0) =$
$392\ kN/m^2$	(σ_3)
$11.6\ cm^2$	(ΔV)
$76.20 - 11.6\ = 64.6cm^3$	$(V_0 - \Delta V) = V_c$
$7.62 \sqrt[1/3]{\frac{64.6}{76.2}} = 7.212\ cm$	$(L_c) = L_0 \sqrt[3]{(\frac{V_c}{V_0})} = (L_c)$
	$(A_c) = A_0 \sqrt[2/3]{\frac{V_c}{V_0}} = (A_c)$

- ε $\Delta\sigma$
- ε Δ

ε Ā •

No.	تشوه العينة Δl (cm)	الاجهاد الرأسي $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_c}$ (-)	قراءة الحلقة عدد لتقسيم الصغير (N0.)	الحمل على اسطوانة التحميل (N)	تصحيح المساحة $A = \frac{A_c}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	الاجهاد $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kN/m^2)	فائض الضغط المسامي ΔU (kN/m^2)	معامل ضغط الماء المسامي $\bar{A} = \frac{\Delta U}{\Delta\sigma}$ (-)
	1	2	٣	4	5	6	7	8
1	٠	٠	0	0	8.96	0	0	0
2	0.015	0.0021	15	16.07	8.98	17.9	2.94	0.164
3	0.038	0.0053	109	116.77	9.01	129.6	49.5	0.378
4	0.061	0.0085	135	144.63	9.04	159.99	74.56	0.466
5	0.076	0.0105	147	157.48	9.06	173.82	89.27	0.514
6	0.114	0.0158	172	184.26	9.11	202.26	111.83	0.553
7	0.152	0.0211	192	205.69	9.15	224.80	135.38	0.602
٨	0.183	٠,٠٢٥٤	٢٠٥	٢١٩,٦٢	٩,١٩	٢٣٨,٩٨	١٤٨,١٣	٠,٦٢٠
٩	0.229	٠,٠٣١٨	٢٢٥	٢٤١,٠٤	٩,٢٥	٢٦٠,٥٨	١٦٠,٨٨	٠,٦١٨
١٠	٠,٢٧٤	٠,٠٣٨٠	٢٣٦	٢٥٢,٨٣	٩,٣١	٢٧١,٥٧	١٦٧,٧٥	٠,٦١٨
١١	٠,٣١٥	٠,٠٤٣٧	٢٤٧	٢٦٤,٦١	٩,٣٧	٢٨٢,٤٠	١٧٥,٦٠	٠,٦٢٢
١٢	٠,٤٢٧	٠,٠٥٩٢	٢٦٥	٢٨٣,٨٩	٩,٥٢	٢٩٨,٢٠	١٧٦,٥٨	٠,٥٩٢
١٣	٠,٤٥٧	٠,٠٦٣٤	٢٧٠	٢٨٩,٢٥	٩,٥٧	٣٠٢,٢٥	١٧٦,٥٨	٠,٥٩٤
١٤	٠,٥٠٣	٠,٠٦٩٧	٢٧٨	٢٩٧,٨٢	٩,٦٣	٣٠٩,٢٦	١٧٦,٥٨	٠,٥٨٤
١٥	٠,٥٤٩	٠,٠٧٦١	٢٨٤	٣٠٤,٨٥	٩,٧٠	٣١٣,٦٦	١٧٦,٥٨	٠,٥٧٠
١٦	٠,٥٩٤	٠,٠٨٢٤	٢٨٧	٣٠٧,٤٦	٩,٧٦	٣١٥,٠٢	١٧٦,٥٨	٠,٥٦٣
١٧	٠,٦٥٣	٠,٩٠٥	٢٨٨	٣٠٨,٥٣	٩,٨٥	٣١٣,٢٣	١٧٦,٥٧	٠,٥٦١
١٨	٠,٧٢٦	0.1007	286	306.39	9.96	307.62	160.88	0.523
١٩	0.853	0.183	275	294.61	10.16	287.97	163.82	0.565

$(\Delta\sigma)$ (Δu)

$(Y - axis)$ $(\bar{A})$

$(X - axis)$ $(\varepsilon\,\%)$

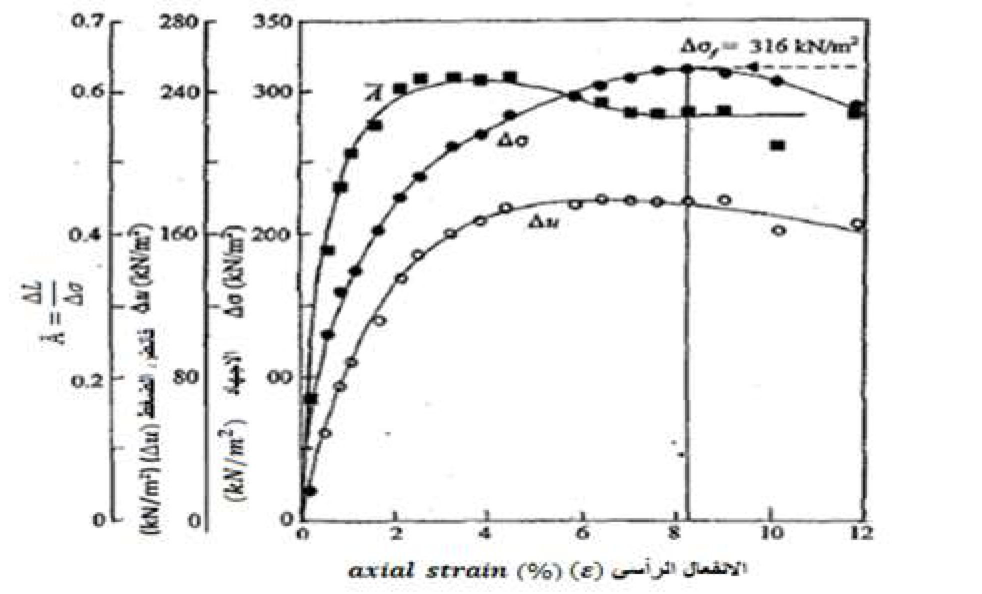
$(\Delta\sigma_f)$ $(\Delta\sigma)$ (ε) $(\Delta\sigma)$

$(\bar{A} = \bar{A}_f)$ $(\Delta u = \Delta u_f)$ (ε)

(ε) $(\Delta\sigma_f = 316\,kN/m^2)$

$m^2)(177$ (Δu_f)

$(\bar{A}_f)$



(ε) $(\Delta\sigma, \Delta u, \& \bar{A})$

(σ_3)

(σ_1)

$= (\sigma_3 + \Delta\sigma_f) - \Delta u_f$ (σ'_1)

(σ'_1) (316 + 392) – 177 = 53 كيلو نيوتن / م٢

(σ'_3) $\sigma_3 - \Delta u_f$

392 – 177= (σ'_3) = 215 كيلو نيوتن/ م^2

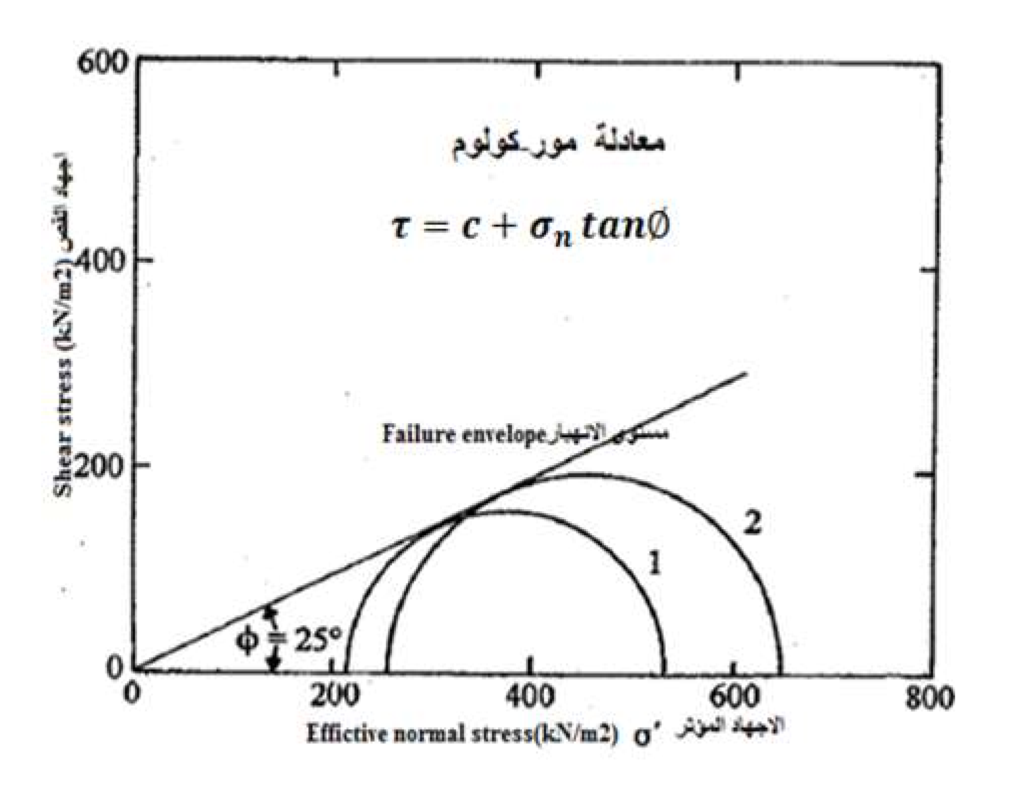
$(\sigma'_1 \& \sigma'_3)$

$$\tau = C + \sigma' tan\emptyset$$

$(C \& \emptyset)$

$\emptyset$

$$\tau = \sigma' tan\, 25^0$$



معادلة مور-كولوم
$\tau = c + \sigma_n \tan\emptyset$
Failure envelope مستوى الانهيار
Shear stress (kN/m2) اجهاد القص
Effictive normal stress(kN/m2) σ' الاجهاد المؤثر
ϕ = 25°
1
2
0
200
400
600
800
0
200
400
600

$(C\ ,\ \emptyset\ \&\tau)$



$(1.27\ mm/minte)$

$\pm$

	$> \mathbf{50}$	

$2124 \pm 25\text{m}^3$) $(177.8 \pm 0.46\ \text{mm})$ $(152.4\ \pm 0.66\ \text{mm})$

$(50.8\ \text{mm})$

$\pm 0.127\ \text{mm}$

$(2.27 \pm 0.02\ \mathrm{kg})$ $4.54 \pm 0.02\ \mathrm{kg}$

$\pm 5\ \mathrm{C}^{0}$

$(49.63 \pm 0.13\text{mm})$

$(\text{No.}4)$ $(\frac{3}{4}\text{in})$

$(25.4 \pm 0.1\text{ mm})$

$\frac{3}{4}$

$\frac{3}{4}$

$\frac{3}{4}$




الشكل 2.13.1 . جهاز قياس الانتفاخ

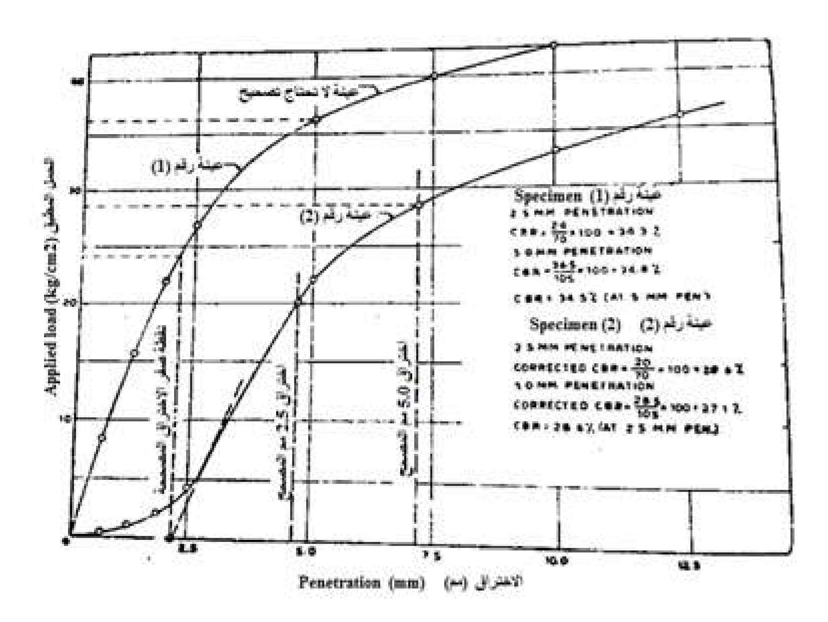


$.5 \pm$

± 0.05

$$\frac{\text{الضغط المكافي لاختراق العينة 2.5 مم}}{\text{الضغط المكافيء لاختراق العينة القياسية 2.5 مم}} \times 100$$

$$\frac{\text{الضغط المكافي لاختراق العينة 5.0 مم}}{\text{الضغط المكافيء لاختراق العينة القياسية 5.0 مم}} \times 100$$



عينة لا تحتاج تصحيح
عينة رقم (1)
عينة رقم (2)
Specimen (1) عينة رقم
2.5 MM PENETRATION
CBR = 24/70 × 100 = 34.3 %
5.0 MM PENETRATION
CBR = 36.5/105 × 100 = 34.8 %
CBR = 34.5 % (AT 5 MM PEN)
Specimen (2) (2) عينة رقم
2.5 MM PENETRATION
CORRECTED CBR = 20/70 × 100 = 28.6 %
5.0 MM PENETRATION
CORRECTED CBR = 28.5/105 × 100 = 27.1 %
CBR = 28.6 % (AT 2.5 MM PEN)
Applied load (kg/cm2) الحمل المطبق
0
2.5
5.0
7.5
10.0
12.5
Penetration (mm) (مم) الاختراق

$(\boldsymbol{\gamma}_{\mathbf{dry}}$

•

$$\gamma_{dry=\frac{W_{sas}}{V_m}}$$

$$W_{sac} = \frac{W_{m+ws} - W_m}{(1 + w_{ac})}$$

W_{sac}

W_{m+ws}

W_m

w_{ac}

V_m

$$\gamma_{dry} = \gamma_{dry} \times 9.8066$$

γ_{dry}

$$S = \frac{s}{h1} \times 100$$

s

S

$h1$